

302935

ÉPÍTŐANYAG

CEMENT, MÉSZ
TÉGLA, KERÁMIA
ÜVEG ÉS KŐIPAR



4. SZÁM

AZ ÉPÍTŐANYAGIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

A mész- és cementipar,
az üvegipar, a finom-
kerámia-, a tégl-, cserép-
és kőbányaipar tudományos
szakirodalmi folyóirata

Felelős szerkesztő:

Egyed Zoltán

★

Főszerkesztő:

Dr. Korányi György

★

Szerkesztőségi titkár:

Hinsenkamp Alfréd

★

Szerkesztőbizottság:

Bereczky Endre
Beke Béla
Erdély Imre
Grofcsik János
dr. Knapp Oszkár
dr. Lehmann Edit
Mayer Károly
Németh Béla

★

Szerkesztőség:

Budapest, V., Honvéd-u. 22.
II. lépcső I. emelet 4.
Telefon: 124-438

★

Felelős kiadó:

az É. M. Építőipari
Könyv- és Lapkiadóvállalat
igazgatója

★

Kiadóhivatal:

V., Kossuth Lajos-utca 17.
Telefon: 384-324

TARTALOM:

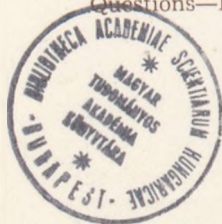
	Old.
Déri Márta—Millner József: Vasoxid alapú, spinell-szerkezetű félvezetők	109
Dr. Kecskés Miklós: Az építőanyagipari önköltségtervezés jelenlegi feladatai	117
Toronyi Béla: Új módszer a fajlagos felület meghatározására	121
Schweger Béla: Az üvegolvasztó-kemencék lehűtése	123
Szovjet könyvismertetés	128
Gaál Imre: Kőtároló silók befagyás elleni védelme	131
Kérdés-felelet	144

СОДЕРЖАНИЕ:

	сторона
Дэри Марта—Миллнер Йожеф: Полупроводники структурой „Спинелл“ на базе окиси железа.	109
Кечкеш Миклош: Современные задачи проектирования себестоимости в промышленности строительных материалов	117
Торони Бела: Новый метод для определения удельной поверхности.	121
Швегер Бела: Охлаждение стекловаренных печей	123
О советских книгах.	128
Гал Имре: Защита силосов для хранения камня от замерзания	131
Вопрос—Ответ	144

CONTENU:

	Nos. Pages
Márta Déri—József Millner: Semi-conducteurs à structure de spinell et à base d'oxide de fer	109
Dr. Miklós Kecskés: Tâches actuelles de l'étude du prix de revient dans l'industrie du bâtiment	117
Béla Toronyi: Nouvelle méthode pour la détermination de la surface spécifique	121
Béla Schweger: Réfrigération des fours des fonderies de verre	123
Compte-rendu de livres soviétiques	128
Imre Gaál: Protection des silos de pierre contre la gelée	131
Questions—Réponses	144



Címlapon: Üvegdíszmű csiszolása a Salgótarjáni Üveggyárban

ÉPÍTŐANYAG

6. ÉVFOLYAM 4. SZÁM

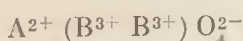
Vasoxid alapú, spinell-szerkezetű félvezetők

DÉRI MÁRTA — MILLNER JÓZSEF

1. Bevezetés

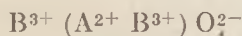
Spinellek az AB_2O_4 általános kémiai képlettel írhatók le. Az ú. n. 2, 3 spinellekben A kétértékű, B háromvegyértékű kationt jelent. A 4, 2 spinellekben A négy, B pedig két vegyértékű.

A spinellek oxigénváza lapon centrált kockarácsot ad. Az elemi cellát 32 oxigén-ion alkotja. Az oxigénváznak az elemi cellában 64 tetraédes és 32 oktaédes szimmetriájú térköze van. A spinellek elemi cellájában a tetraédes szimmetriájú rácshelyek közül 8-ban az A ionok, az oktaédes szimmetriájúak közül pedig 16 helyen a B ionok foglalnak helyet. Egy 2—3 spinellben például:

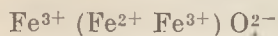


Azt az irodalomban többször használt [1, 2] jelölési módot követjük, hogy az oktaédes szimmetriájú helyen lévő kationokat zárójelbe tesszük.

Inverz spinellekben a B kation egyforma valószínűséggel oszlik meg a tetraédes és oktaédes szimmetriájú helyeken, míg az A ion az oktaédes térközökben foglal helyet.



Ilyen rácsot alkot a Co_3O_4 ; Fe_3O_4 és egyes ferritek [3, 4, 5]. A magnetit szerkezete tehát:



Az elektromos vezetés ilyen inverz spinellekben, ahol kristálytanilag azonos értékű helyeken (az oktaédes üregekben) ugyanazon ion különböző vegyértékű alakban fordul elő, Wagner szerint gyakorlatilag elhanyagolhatóan csekély energiabefektetésre létrejöhet. Elektroncsere megy végbe az oktaédes szimmetriájú helyen levő Fe (III) ion és az ugyancsak oktaédes üregben helyet foglaló Fe (II) ion közt.

Ilyen módon a magnetit a szerkezeti félvezetők [6, 7, 8] csoportjába tartozik.

Félvezetők előállításakor rácshibák szándékos előidézésének ismert módja, hogy egy vegyérték-váltásra hajlamos ionnak rácsába alacsonyabb vagy magasabb értékű idegen iont építünk be [9, 10, 11]. Ekkor a rács elektromos semlegességének megtartására a rácsot alkotó ion magasabb, illetve alacsonyabb töltésű alakját veszi fel.

Így pl. NiO rácsban egy-egy Li^+ ionnak beépülése egy-egy Ni^{3+} iont hoz létre [12]. A Ni^{3+} ion a rácsban mint elektronhiány tekinthető, az egy vegyértékű Li^+ ion a NiO rácsban lyukvezetési áramvezetést idéz elő.

Célunk volt, hogy megvizsgáljuk, miképpen változik vas (III) oxid vezetőképessége egyrészt Zn^{2+} ; másrészt Ti^{4+} ionok beépítésekor. Ezért tanulmányoztuk a



oxidokból előállított szilárd oldatokban mérhető vezetőképességet, és meghatároztuk annak a hőmérséklettel való változását.

2. Kísérleti rész

A $Fe_2O_3 - ZnO - TiO_2$ rendszeren felépülő félvezetők előállítása kerámiai úton történt.

Az előállításához $\gamma - Fe_2O_3$ -t, ZnO-t és TiO_2 -t használtuk. A $\gamma - Fe_2O_3$ -t magunk állítottuk elő (13), ZnO-t és TiO_2 -t analitikai tisztaságút alkalmaztunk.

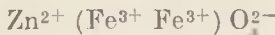
Golyós malomban történő őrlés után, az oxidok porát acél prérsszerszámban mintegy 7—8 mm átmérőjű 3—4 mm vastag korongokká préseltük, majd elektromos kemencében, levegő jelenlétében 1300—1380 C° közötti hőmérsékleti körben kiégettük.

Tömörre égett kagylós törésű darabokat nyertünk.

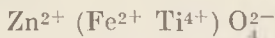
A hengerek végét kerámiai módon ezüst bevonattal láttuk el.

Az ellenállás mérése Orivohm-típusú elektronikus ohmmérő segítségével történt, kifeszült-ségű egyenárammal. Minden egyes összetétel esetében meghatároztuk az ellenállásnak a hőmérséklettel való változását 15—250 C° hőmérsékleti intervallumban.

Az oxid-rendszerek összetételét úgy választottuk meg, hogy fokozatos átmenetet létesítsünk két jól definiált rendszer :

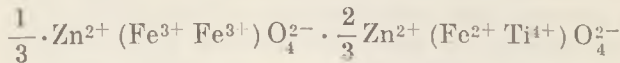


és

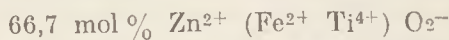


között.

Cinkferrit az irodalmi adatok szerint normális spinell szerkezetű [4], benne a Zn^{2+} a tetraédes, a Fe^{3+} ionok az oktaédes szimmetriájú rácspontokon foglalnak helyet. Ti^{4+} ionok beépítésekor minden egyes Ti^{4+} ion egy Fe^{3+} iont kell, hogy Fe^{2+} ionná alakítson. Növekvő TiO_2 tartalom esetében növekszik a Fe^{2+} ionok száma, és ezzel együtt nő az elektronsere lehetősége, azaz az elektromos vezetőképesség is. Maximális vezetőképességet viszont akkor kell észlelnünk, mikor az oktaédes szimmetriájú helyeken egyenlő számban vannak a vas II és a vas III ionok, mert ebben az esetben maximális a lehetőség elektronsereire vonatkozóan. Fenti összetétel sorozatban egyenlő lesz az oktaédes Fe^{2+} és Fe^{3+} ionok száma



molösszetételben, azaz



tartalomnál. Mert akkor az oktaédes Fe^{3+} ionok száma :

$$(x\text{Fe}^{3+})_{\text{okt}} = \frac{1}{3} \cdot 2 = \frac{2}{3} \text{ Fe}^{3+} \text{ g ion,}$$

az oktaédes Fe^{2+} ionok száma viszont

$$(x\text{Fe}^{2+})_{\text{okt}} = \frac{2}{3} \cdot 1 = \frac{2}{3} \text{ Fe}^{2+} \text{ g ion.}$$

A mérési eredményeket az 1. ábra tartalmazza. A fajlagos ellenállás ohm cm-ben mért értékeinek logaritmusai $\frac{1}{T}$ függvényében lineáris összefüggést ad, a félvezetőkre vonatkozó általános érvényű törvényszerűségnek [6, 14, 15] megfelelően :

$$\rho = C \cdot e^{\frac{\epsilon}{2kT}} \quad (1)$$

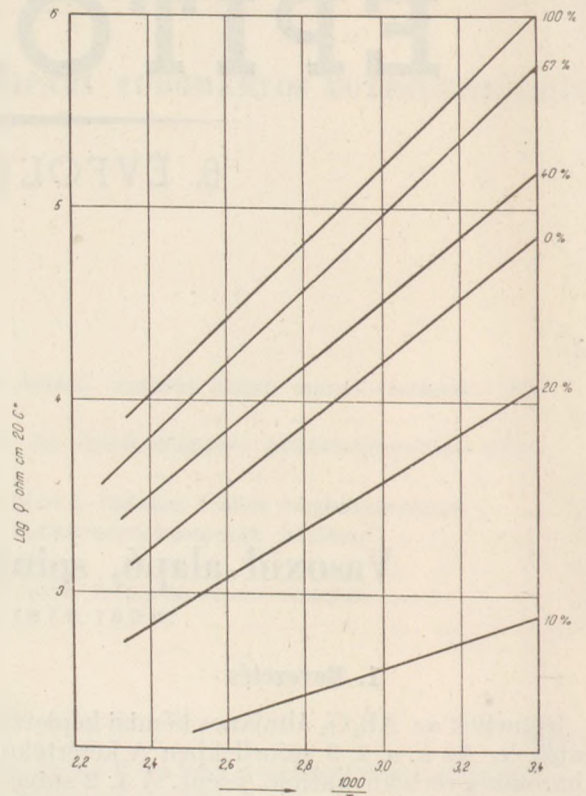
ahol ρ a fajlagos ellenállás ohm cm-ben,

C az anyagi minőségtől függő, a hőmérséklettel nem változó állandó,

ϵ az aktiválási energia értéke, általában eV-ban kifejezve,

k a Boltzmann-állandó $1,38 \cdot 10^{-23}$ watt sec = $0,86 \cdot 10^{-4}$ eV,

T a hőmérséklet abszolút fokokban.



1. ábra. $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{—ZnO—TiO}_2$ rendszerbe tartozó félvezetők fajlagos ellenállásának változása a hőmérséklettel. A $\text{Zn}(\text{FeTi})\text{O}_4$ -tartalom mint paraméter szerepel.

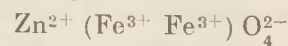
Az (1) egyenlet logaritmálva :

$$\ln \rho = A + \frac{B}{T} \quad (2)$$

ahol A és B a hőmérséklettől nem függő állandók.

Az 1. ábrán az abszcissza $\frac{1}{T}$ értékeit, az ordináta $\log \rho$ értékeit tünteti fel. Az oxidrendszerek $\text{Zn}(\text{FeTi})\text{O}_4$ tartalma szerepel, mint paraméter.

Látható, hogy a kiindulási, a



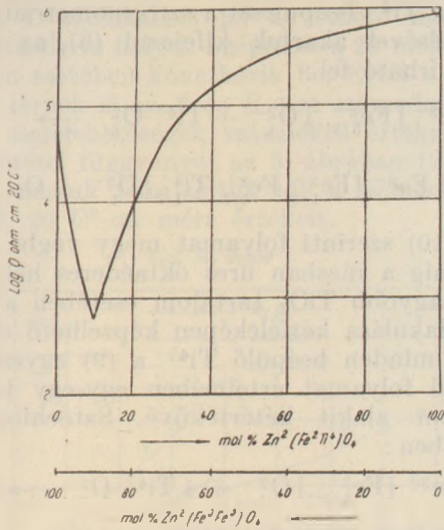
képlettel leírható feltételezett rendszer vezetőképességét a $\text{Zn}^{2+} (\text{Fe}^{2+} \text{Ti}^{4+}) \text{O}_4^{2-}$ képletűnek feltételezett oxidrendszer hozzáadása először növeli, majd egy minimális fajlagos ellenállás után csökkenti. 40 mol % $\text{Zn}^{2+} (\text{Fe}^{2+} \text{Ti}^{4+}) \text{O}_4^{2-}$ tartalom esetében az ellenállás már nagyobb, mint a kiindulási cinkferrité.

Ha egy adott hőmérsékleten, pl. 20 C°-on az összetételek fajlagos ellenállásának logaritmusát tüntetjük fel a $\text{Zn}^{2+} (\text{Fe}^{2+} \text{Ti}^{4+}) \text{O}_4^{2-}$ tartalom függvényében, akkor a 2. ábrában látható összefüggést nyerjük.

A fajlagos ellenállás minimuma nem az előzőek alapján várt 66,7 mol % $\text{Zn}^{2+} (\text{Fe}^{2+} \text{Ti}^{4+}) \text{O}_4^{2-}$ tartalom esetében következik be, hanem annál sokkal kisebb mol % érték, mintegy 10% mellett.

A vizsgált $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{—ZnO—TiO}_2$ rendszerekben a





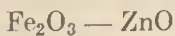
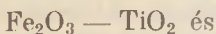
2. ábra. Fe₂O₃—ZnO—TiO₂ rendszerbe tartozó félvezetők fajlagos ellenállása, mint az összetétel függvénye.

sorozat kialakulásának feltételezésével nem magyarázható meg,

a) hogy a fajlagos ellenállás minimuma 10 mol % Zn²⁺ (Fe²⁺ Ti⁴⁺) O₄²⁻ tartalom esetében következik be, és

b) hogy a Zn²⁺ (Fe³⁺ Fe³⁺) O₄²⁻ képlettel leírható, TiO₂-t, tehát Zn²⁺ (Fe²⁺ Ti⁴⁺) O₄²⁻-t nem tartalmazó rendszer fajlagos ellenállása miért kisebb 1 nagyságrenddel a sorozat másik végpontjaként feltételezett Zn²⁺ (Fe²⁺ Ti⁴⁺) O₄²⁻ rendszer fajlagos ellenállásánál. A fenti képlet szerint egyik esetben sem mehet végbe elektronsere két és három értékű vasion között.

A kérdés megválaszolásának érdekében külön tanulmányoztuk a vezetőképességnek alakulását a fentiekben leírt módon előállított



rendszerekben. A 20 °C-on mért ellenállásértékeknek a mol %-os összetétel függvényében való alakulását a 3., illetve 4. ábra tünteti fel.

Az ábrákból leolvasható, hogy mindkét esetben az ellenállásértékek növekvő idegen-oxid tartalom függvényében egy minimumot írnak le. A minimális ellenállásérték TiO₂ adagolásakor mintegy 10 mol %, ZnO — Fe₂O₃ rendszerben viszont 20 mol % ZnO tartalom esetében észlelhető.

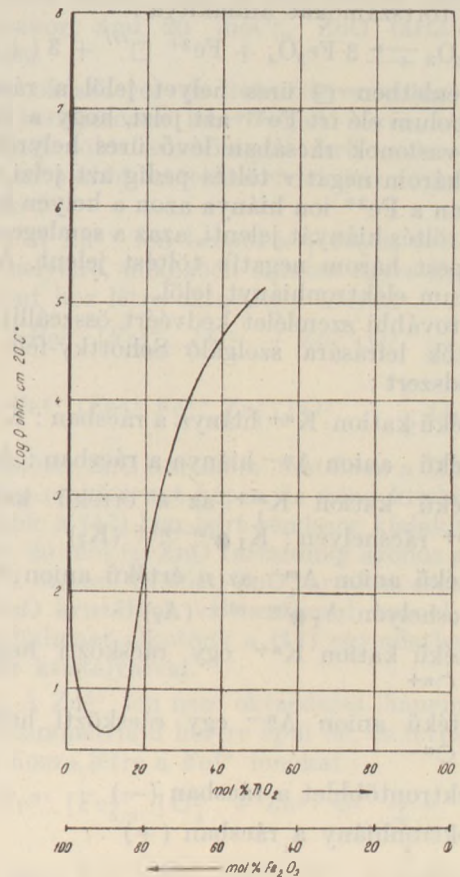
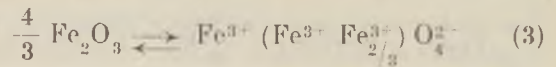
3. A kísérleti eredmények magyarázata

A kísérleti eredmények alapján sikerült az előállított oxidrendszerek szerkezetére vonatkozóan olyan elméleti következtetéseket felállítani, amelyekkel a vezetőképességnek az összetétel függvényében való alakulása kielégítően leírható.

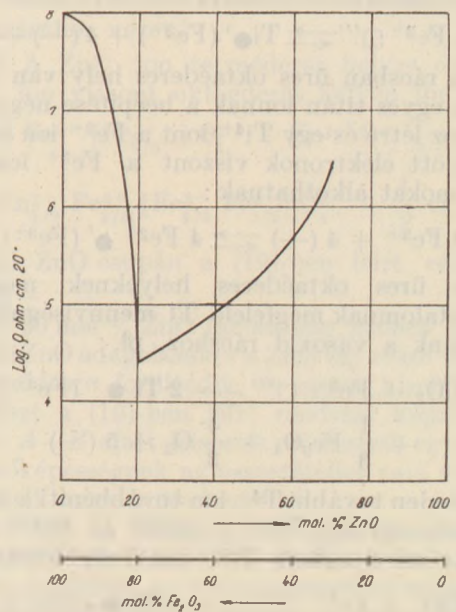
A kísérletekben, mint már említettük, γ Fe₂O₃-t használtunk azon megfontolások alapján, hogy a spinell-szerkezet kialakulását a γ Fe₂O₃-nak spinellszerű oxigénváza megkönnyíti.

A γ Fe₂O₃ ugyanis olyan spinellnek fogható fel [13], amelyben a spinellek teljes oxigénváza

kialakult, az oktaéderez és tetraéderez szimmetriájú helyeken pedig Fe³⁺ ionok foglalnak helyet, az oktaéderez üregek 1/3 része azonban nincs betöltve. Eddigi jelölésünk értelmében

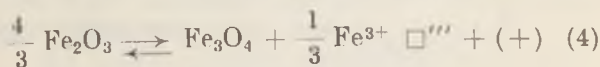


3. ábra. Fe₂O₃—TiO₂ rendszerbe tartozó félvezetők fajlagos ellenállása az összetétel függvényében.

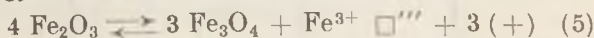


4. ábra. Fe₂O₃—ZnO rendszerbe tartozó félvezetők fajlagos ellenállása az összetétel függvényében.

Ugyanezt a körülményt a félvezetők leírásában használatos, Schottky által javasolt [16] szimbolumok bevezetésével, a következőképpen írhatjuk le:



vagy a törtszámokat átalakítva:



Az egyenletben \square üres helyet jelöl a rácsban. A szimbolum elé írt Fe^{3+} azt jelzi, hogy a három értékű vasionok rácsában lévő üres helyről van szó. A három negatív töltés pedig azt jelzi, hogy a rácsban a Fe^{3+} ion hiánya azon a helyen három pozitív töltés hiányát jelenti, azaz a semleges rács-hoz képest három negatív töltést jelent. A (+) szimbolum elektronhiányt jelöl.

A további szemlélet kedvéért összeállítjuk a félvezetők leírására szolgáló Schottky-féle jelölési módszert:

n értékű kation K^{n+} hiánya a rácsban: $\text{K} \square^{n-}$

n értékű anion A^{n-} hiánya a rácsban: $\text{A} \square^{n+}$

m értékű kation K_1^{m+} az n értékű kation K_2^{n+} rácshelyén: $\text{K}_1 \bullet^{(m-n)+} (\text{K}_2)$

m értékű anion A_1^{m-} az n értékű anion A_2^{n-} rács helyén $\text{A}_1 \bullet^{(m-n)-} (\text{A}_2)$

n értékű kation K^{n+} egy rácsközi helyen $\text{K} \circ^{n+}$

n értékű anion A^{n-} egy rácsközi helyen $\text{A} \circ^{n-}$

elektron többlet a rácsban (—)

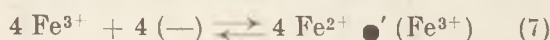
elektronhiány a rácsban (+)

a) TiO_2 beépülése a $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ rácsába

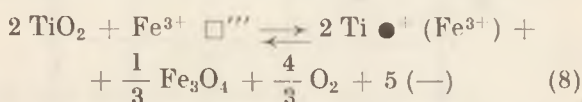
$\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ -hoz adagolt első részlet TiO_2 mennyiségek az üres oktaédes helyekre épülnek be.



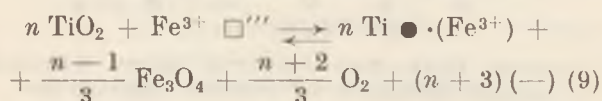
Amíg a rácsban üres oktaédes hely van, addig minden egyes titán ionnak a beépítése négy elektront hoz létre és egy Ti^{4+} iont a Fe^{3+} ion helyén. A létrejött elektronok viszont a Fe^{3+} ionokkal Fe^{2+} ionokat alkothatnak:



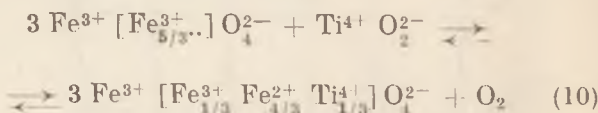
Ha az üres oktaédes helyeknek megfelelő titántartalomnak megfelelő Ti mennyiségnél többet adunk a vasoxid rácsához, pl.:



azaz minden további Ti^{4+} ion továbbépíti a rácsot, miközben egy-egy Fe^{3+} -t alakít át Fe^{2+} ionná. Általánosán n számú Ti^{4+} ion beépülésekor:

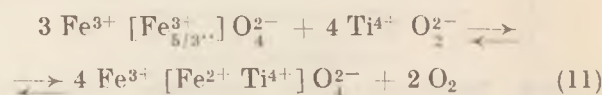


Ha a Ti^{4+} beépülését a sztöchiometriai arány feltüntetésével akarjuk kifejezni (6), az alábbi alakban írható fel:



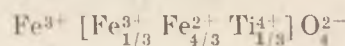
A (10) szerinti folyamat megy végbe mindaddig, míg a rácsban üres oktaédes hely van. Ennél nagyobb TiO_2 tartalom esetében a rendszer kialakulása kétféleképpen képzelhető el:

A) minden beépülő Ti^{4+} a (9) egyenletnek megfelelő folyamat értelmében egy-egy további Fe^{3+} iont alakít kétértékűvé. Sztöchiometriai egyenletben:



Azaz az üres oktaédes helyek elfoglalása után a Ti^{4+} ionnal $\text{Fe}^{3+} (\text{Fe}^{2+} \text{Ti}^{4+}) \text{O}_4^{2-}$ spinell alakul ki.

B) elképzelhető azonban, hogy az üres oktaédes szimmetriájú üregek elfoglalása után a TiO_2 nem lép a kialakult



vegyülettel reakcióba, hanem azzal kristály konglomerátumot alkot, azt mintegy „higítja”.

A két lehetőség között a vezetőképességnek az összetétel függvényében történő alakulásában kell különbségnek jelentkeznie.

Mint a fentiekben említettük, maximális vezetést itt is akkor kell észlelnünk, mikor

$$(\times \text{Fe}^{3+})_{\text{okt}} = (\times \text{Fe}^{2+})_{\text{okt}} \quad (12)$$

azaz mikor az oktaédes helyen lévő Fe^{3+} ionok száma megegyezik az oktaédes Fe^{2+} ionokéval.

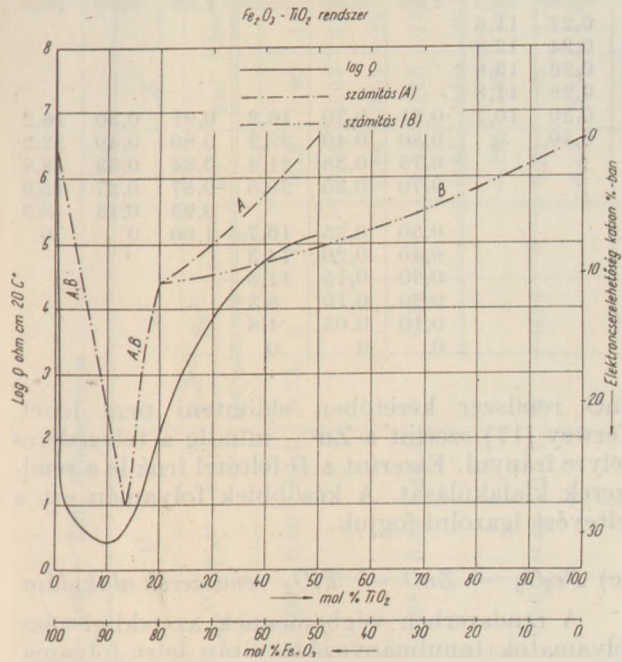
Ha következetesen végigszámoljuk az oktaédes Fe^{3+} és Fe^{2+} ionok számát az összetétel függvényében a fenti A és B feltevésekre, és az elektronszere lehetőségeket az összes kationok százalékában adjuk meg, az 1. táblázatban kiszámított értékeket nyerjük.

1. táblázat

Fe_2O_3 mol %	TiO_2 mol %	A			B		
		Fe^{3+}	Fe^{2+}	Csere %	Fe^{3+}	Fe^{2+}	Csere %
100	0	1,25	0	0	1,25	0	0
95	5	0,99	0,20	10,2	0,99	0,20	10,2
90	10	0,725	0,40	21,0	0,725	0,40	21,0
88	12	0,62	0,48	25,6	0,62	0,48	25,6
87	13	0,56	0,52	27,8	0,56	0,52	27,8
86	14	0,51	0,56	27,6	0,51	0,56	27,6
85	15	0,46	0,60	25,1	0,46	0,60	25,1
80	20	0,20	0,80	11,1	0,20	0,80	11,1
70	30	0,13	0,70	7,8	0,18	0,70	10,3
60	40	0,07	0,61	4,4	0,15	0,60	9,4
50	50	0	0,50	0			
40	60			0	0,10	0,40	7,2
20	80			0	0,05	0,20	4,2
10	90			0	0,025	0,10	2,3
0	100			0	0	0	0

Az 1. táblázatból jól követhető módon az üres oktaédes helyek beépülése a 20 mol % TiO₂ tartalom esetében következik be. Ettől a ponttól kezdve térnek el az A és B eset adatai.

A cserelehetőségek százalékos értékeit mint az összetétel függvényét az 5. ábrában tüntettük fel. Ugyancsak felrajzoltuk ide a fajlagos ellenállásnak 20 °C-on mért értékeit.



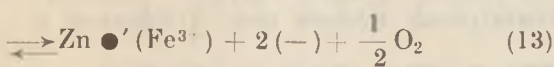
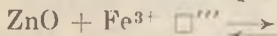
5. ábra. Fe₂O₃—TiO₂ rendszerbe tartozó félvezetők fajlagos ellenállása és az elektroncsere valószínűsége az összetétel függvényében.

Látható, hogy az ellenállásérték minimuma jól összeesik az elektroncsere lehetőségekből számított értékkel. Ez igazolja annak a feltevésnek valószínűségét, hogy a rendszer kialakulása a γ-Fe₂O₃ rács üres oktaédes helyeinek fokozatos betöltése útján történik.

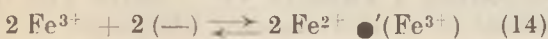
Hogy az A és B további lehetőségek közül melyik jöhet inkább számításba, arra vonatkozóan még néhány összetételre vonatkozó mérési pontok felvétele szükséges, különösen nagy TiO₂ tartalom esetében.

b) ZnO beépülése a γ Fe₂O₃ rácsába

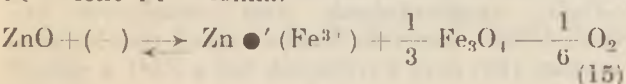
A ZnO-nak a γ-Fe₂O₃ rácsba való beépülése a TiO₂-éhez hasonló módon (1.[6]) megy végbe.



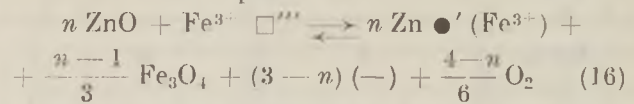
Csakhogy itt, míg a rácsban üres hely van, egy Zn²⁺ ion beépülése két Fe³⁺ iont alakít át Fe²⁺ ionná.



Ha a γ-Fe₂O₃ rácsának üres helyei beteltek, minden egyes további Zn²⁺ beépülése visszaalakít egy Fe²⁺ iont Fe³⁺ ionná.



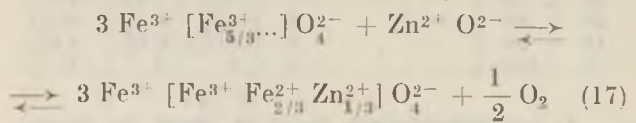
n számú ZnO heépülésekor:



A maximális vezetőképesség tehát abban az esetben várható, mikor maximális a kialakult Fe²⁺ ionok száma, azaz az üres helyek pontos elfoglalásakor, ami 20 mol % ZnO tartalomnak felel meg.

Az oktaédes és tetraédes szimmetriájú helyek betöltésének lehetőségeit nézve azonban, a fenténél több esetösséggel kell számolnunk. Ezeket az alábbi sztöchiometriai összefüggésekkel írhatjuk le.

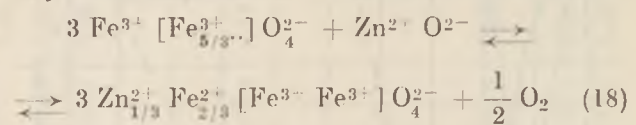
A) A Zn²⁺ ion beépül a γ-Fe₂O₃ üres oktaédes helyeire, miközben minden egyes Zn²⁺ két Fe²⁺ iont hoz létre oktaédes helyen:



Efölötti ZnO tartalom esetében a ZnO-nak egy része cinkferritet képez, és mind kisebb része fordítódik a (17)-ben leírt rendszer kialakítására.

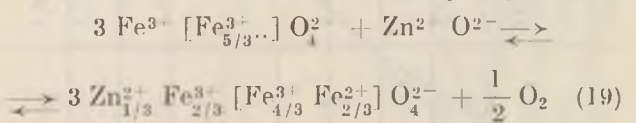
B) 20 mol % ZnO tartalomig azonos a helyzet az A esettel. Efölötti ZnO tartalom esetében a fölös ZnO kristályok változatlanul vannak jelen, kristályhalmazt alkotnak a (17) egyenletben leírt rendszer kristályaival.

C) A Zn²⁺ ion nem oktaédes, hanem tetraédes szimmetriájú helyre épül be, és tetraédes helyen hozza létre a Fe²⁺ ionokat:



Ebben az esetben vezetés alkalmával a tetraédes Fe³⁺ és Fe²⁺ ionok között jönne létre elektroncsere. További ZnO beépülése fokozatosan Zn²⁺ kialakulásához vezet.

D) A Zn²⁺ ion tetraédes helyre épül be, a Fe²⁺ ion viszont oktaédes helyen jön létre:



További ZnO csupán a (19)-ben leírt rendszert „hígítja”.

E) 20 mol % ZnO tartalomig azonos D)-vel. További ZnO adagolásakor a ZnO egy része cinkferrit képződésre fordítódik, és egyre kisebb része vesz részt a (19)-ben leírt rendszer képzésében.

Az A—E alatt felsorolt rendszerek egymástól a vezetőképességnek az összetétellel való változásában kell, hogy különbözzenek.

A Fe₂O₃ — TiO₂ rendszeréhez hasonlóan kiszámítottuk az oktaédes Fe³⁺ és Fe²⁺ ionok számát, valamint az elektroncsere lehetőségének az összetétellel való változását az egyes feltételezések mellett. Ennek eredményét a 2. táblázatban állítottuk össze.

2. táblázat

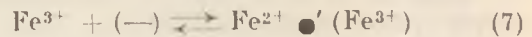
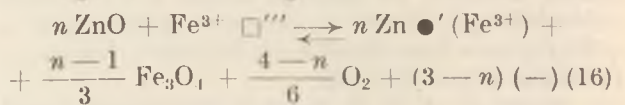
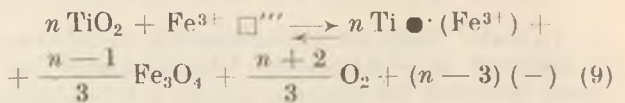
Mol%		A			B			C			D			E		
Fe ₂ O ₃	ZnO	Fe ³⁺	Fe ²⁺	cseres %	Fe ³⁺	Fe ²⁺	cseres %	Fe ³⁺	Fe ²⁺	cseres %	Fe ³⁺	Fe ²⁺	cseres %	Fe ³⁺	Fe ²⁺	cseres %
100	0	1,25	0	0	1,25	0	0	1,25	0	0	1,25	0	0	1,25	0	0
90	10	0,93	0,20	10,5	0,93	0,20	10,5	0,38	0,20	10,5	1,03	0,20	10,5	1,03	0,20	10,5
89	11							0,34	0,22	11,6						
88	12							0,30	0,24	12,8						
87	13							0,26	0,26	13,9						
86	14							0,22	0,28	11,8						
85	15	0,76	0,30	16,2	0,76	0,30	16,2	0,19	0,30	10,2	0,91	0,30	16,2	0,91	0,30	16,2
80	20	0,60	0,40	22,2	0,60	0,40	22,2	0	0,40	0	0,80	0,40	22,2	0,80	0,40	22,2
75	25	0,66	0,33	18,8	0,56	0,38	21,4				0,75	0,38	21,4	0,84	0,33	18,8
70	30	0,73	0,27	15,9	0,53	0,35	20,5				0,70	0,35	20,5	0,87	0,27	15,9
60	40	0,93	0,13	8,3										0,93	0,13	8,3
50	50	1,00	0	0	0,38	0,25	16,7				0,50	0,25	16,7	1,00	0	0
40	60			0	0,30	0,20	14,3				0,40	0,20	14,3			
30	70			0	0,23	0,15	11,5				0,30	0,15	11,5			
20	80			0	0,15	0,10	8,3				0,20	0,10	8,3			
10	90			0	0,075	0,05	4,6				0,10	0,05	4,6			
0	100			0	0	0	0				0	0	0			

A cserelhetőségek értékeit mint az össze-tétel függvényét a 6. ábrában tüntettük fel. A B és D feltételezés, valamint az A és E eset, elektroncsere lehetősége szempontjából azonos. Ugyancsak feltüntettük a fajlagos ellenállásnak alakulását is.

ZnO rendszer keretében eldönteni nem lehet. Verwey [17] szerint a Zn²⁺ mindig a tetraéderes helyre irányul. Eszerint a D feltétel írná le a rendszerek kialakulását. A későbbiek folyamán ezt a feltevést igazolni fogjuk.

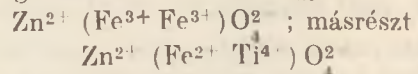
c) Fe₂O₃ — ZnO — TiO₂ rendszerek alakulása

A rendszerben végbemennek az eddigi rész-folyamatok tanulmányozása során leírt folyama-tok :

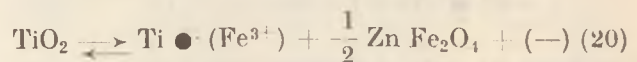


Sztöchiometriai szemlélet alapján a követ-kező rendszerek keletkezése képzelhető el.

A) Első helyen említjük a kiindulási alapot képező elgondolást, miszerint egyrészt



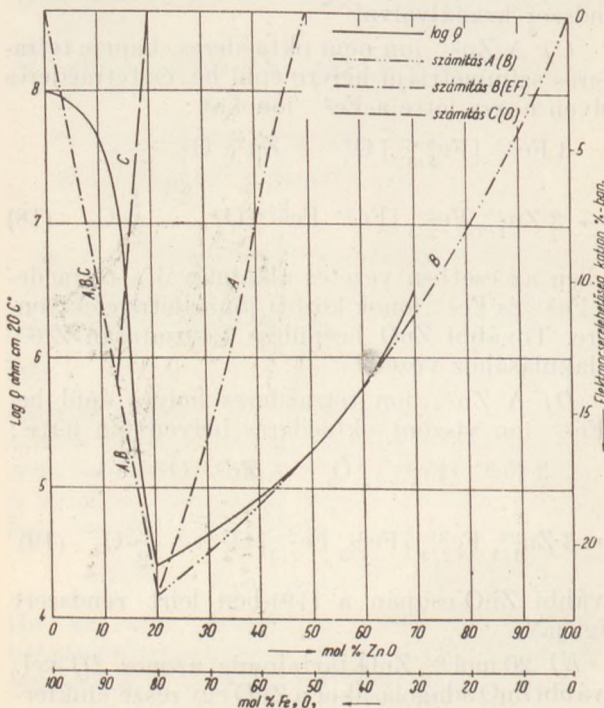
alakul ki, és az összes Fe₂O₃ — ZnO — TiO₂ összetételek a két vegyület valamely elegy-kristályának felelnek meg. A folyamat a



szimbolikus egyenlettel írható le. Az összetétel-sorozatban a kialakult Fe³⁺, illetve Fe²⁺ ionok számát és az elektroncsere lehetőséget a 3. táblázat A rovata tartalmazza.

B) A rendszer kialakulása az (5) (9) és (7) egyenletekkel jellemezhető. A Ti⁴⁺ ion beépül a γ-Fe₂O₃ oxigénvázának üres oktaéderes helyére. A ZnO nem vesz részt a spinell-rács kialakításában, (16) nem következik be, a ZnO a spinell

Fe₂O₃-ZnO rendszer



6. ábra. Fe₂O₃—ZnO rendszerbe tartozó félvezetők fajlagos ellenállása és az elektroncsere valószínűsége az összetétel függvényében.

Látható, hogy a vezetőképesség változása a legteljesebb mértékben megfelel a B és D lehetőségek közül számítottak. Feltehető tehát, hogy a rendszer kialakulását ezek írják le. Hogy a B és D lehetőségek közül melyik felel meg a valóságnak, azaz, hogy a Zn²⁺ az oktaéderes vagy a tetraéderes helyre épül-e be, azt csupán a Fe₂O₃ —

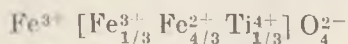
3. táblázat

Elektroncsere lehetőségek Fe_2O_3 — ZnO — TiO_2 rendszerben

Mol%		Mol%			A			B			C			D			E			F		
ZnFe ₂ O ₄	ZnFeTiO ₄	Fe ₂ O ₃	ZnO	TiO ₂	Fe ³⁺	Fe ²⁺	csere %	Fe ³⁺	Fe ²⁺	csere %	Fe ³⁺	Fe ²⁺	csere %	Fe ³⁺	Fe ²⁺	csere %	Fe ³⁺	Fe ²⁺	csere %	Fe ³⁺	Fe ²⁺	csere %
100	0	50	50	0	2,00	0	0	1,25	0	0	1,00	0,50	16,7	0,75	0	0	0,75	0,50	16,7	1,00	0,50	16,7
98	2	49	50	1	1,90	0,05	1,7	1,02	0,20	6,7	0,98	0,49	16,3	0	0,49	0	0,61	0,60	20,1	0,81	0,60	20,1
96	4	49	49	2	1,80	0,10	3,3	0,79	0,40	3,3	0,95	0,48	15,8	0	0,48	0	0,56	0,64	18,7	0,72	0,64	21,3
95	5	48,5	49	2,5	1,72	0,14	4,7	0,64	0,56	18,7	0,90	0,45	15,0	0	0,45	0	0,42	0,74	13,9	0,51	0,68	22,0
94	6	48	49	3	1,60	0,20	6,7	0,33	0,80	10,8	0,90	0,45	15,0	0	0,45	0	0,42	0,74	13,9	0,44	0,78	14,7
92	8	47	49	4	1,50	0,25	8,3	0,22	0,88	7,3	0,85	0,43	14,2	0	0,43	0	0,28	0,85	9,2	0,30	0,85	10,0
90	10	46	49	5	1,40	0,30	10,0	0,22	0,88	7,3	0,80	0,40	13,3	0	0,40	0	0,22	0,88	7,3	0,22	0,88	7,3
86	14	45	48	7	1,20	0,40	13,3	0,19	0,75	6,3	0,91	0,08	2,7	0,45	0,08	2,7	0,19	0,75	6,3	0,19	0,75	6,3
85	15	44,5	48	7,5	1,00	0,50	16,7	0,16	0,65	5,4	1,25	0	0	0,75	0	0	0,16	0,65	5,4	0,16	0,65	5,4
84	16	44	48	8	0,80	0,60	20,0	0,16	0,65	5,4	0,70	0,20	6,7	0	0,20	6,7	0,16	0,65	5,4	0,16	0,65	5,4
80	20	43	47	10	0,70	0,65	21,7	0,14	0,55	4,6	0,48	0,40	13,3	0	0,40	13,3	0,14	0,55	4,6	0,14	0,55	4,6
75	25	41	47	12	0,66	0,67	22,2	0,14	0,55	4,6	0,38	0,48	12,8	0	0,48	12,8	0,14	0,55	4,6	0,14	0,55	4,6
70	30	39	47	14	0,60	0,70	20,0	0,12	0,50	4,2	0,24	0,60	8,0	0	0,60	8,0	0,12	0,50	4,2	0,12	0,50	4,2
60	40	36	46	18	0,60	0,70	20,0	0,12	0,50	4,2	0,24	0,60	8,0	0	0,60	8,0	0,12	0,50	4,2	0,12	0,50	4,2
52	48	34	45	21	0,60	0,70	20,0	0,12	0,50	4,2	0,24	0,60	8,0	0	0,60	8,0	0,12	0,50	4,2	0,12	0,50	4,2
50	50	33	45	22	0,60	0,70	20,0	0,12	0,50	4,2	0,24	0,60	8,0	0	0,60	8,0	0,12	0,50	4,2	0,12	0,50	4,2
45	55	32	44	24	0,60	0,70	20,0	0,12	0,50	4,2	0,24	0,60	8,0	0	0,60	8,0	0,12	0,50	4,2	0,12	0,50	4,2
40	60	30	44	26	0,60	0,70	20,0	0,12	0,50	4,2	0,24	0,60	8,0	0	0,60	8,0	0,12	0,50	4,2	0,12	0,50	4,2
38	62	30	43	27	0,60	0,70	20,0	0,12	0,50	4,2	0,24	0,60	8,0	0	0,60	8,0	0,12	0,50	4,2	0,12	0,50	4,2
35	65	29	43	28	0,60	0,70	20,0	0,12	0,50	4,2	0,24	0,60	8,0	0	0,60	8,0	0,12	0,50	4,2	0,12	0,50	4,2
33	67	29	42	29	0,60	0,70	20,0	0,12	0,50	4,2	0,24	0,60	8,0	0	0,60	8,0	0,12	0,50	4,2	0,12	0,50	4,2
30	70	28	42	30	0,60	0,70	20,0	0,12	0,50	4,2	0,24	0,60	8,0	0	0,60	8,0	0,12	0,50	4,2	0,12	0,50	4,2
20	80	25	42	33	0,60	0,70	20,0	0,12	0,50	4,2	0,24	0,60	8,0	0	0,60	8,0	0,12	0,50	4,2	0,12	0,50	4,2
10	90	22	41	37	0,60	0,70	20,0	0,12	0,50	4,2	0,24	0,60	8,0	0	0,60	8,0	0,12	0,50	4,2	0,12	0,50	4,2
100	100	20	40	40	0,00	1,00	0	0,12	0,50	4,2	0,12	0,50	4,2	0	0,50	4,2	0,12	0,50	4,2	0,12	0,50	4,2

rácsot csak mintegy „hígítja“. Ha több a TiO_2 mennyisége, mint ami az üres oktaéderek helyek számának megfelel, akkor a fölös TiO_2 vagy szintén „hígítja“ a spinell rácsot, vagy pedig a cink-oxiddal $\text{Zn}(\text{TiZn})\text{O}_4$ spinellt alkot. Egyik esetben sem játszik további szerepet az elektronsere szempontjából (3. táblázat *B* rovata).

C) A kialakulásban a cinktitán-spinell képződése az elsődleges folyamat. A jelenlevő vas-oxid a ZnO fölösleggel a (16), illetve a (19) egyenlet értelmében lép reakcióba oktaéderek szimmetriájú helyen lévő Fe^{2+} ionokat hozva létre. A TiO_2 fölösleggel viszont (9), illetve (10) szerint



képlettel leírható rendszert képez (3. táblázat *C* rovata).

D) A kialakulásban a cink-titán-spinell képződése az elsődleges folyamat, éppen úgy, mint a *C* esetben. A különbség a feltételezésben abban van, hogy a ZnO fölösleg beépülése a (18) egyenlet értelmében, a tetraéderek szimmetriájú helyeken hoz létre Fe^{2+} iont (3. táblázat *D* rovata).

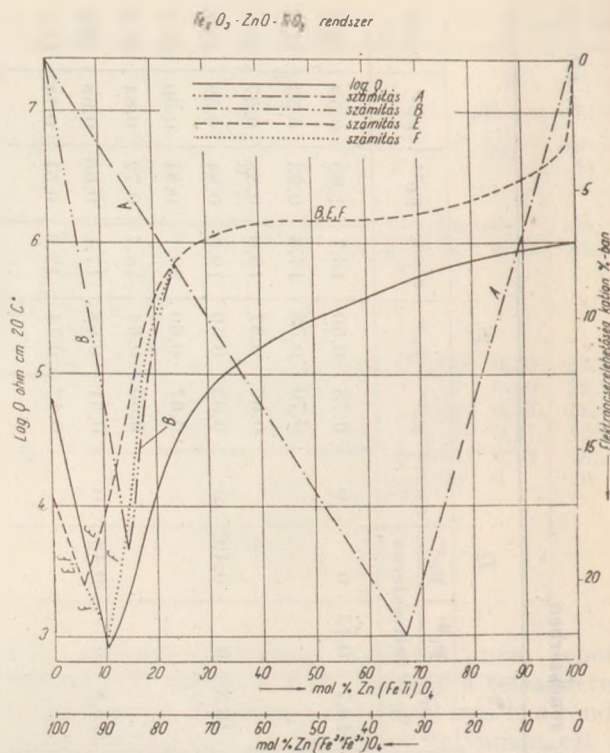
E) A rendszer kialakulása az (5), (9), (16) és (7) egyenlet szerint történik. A TiO_2 beépülése a $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ rácsának üres helyeire nagyobb valószínűséggel következik be, mint a ZnO -é, tehát növekvő titántartalom a (17) egyenlettel leírt $\text{Fe}^{3+} [\text{Fe}_{1/3}^{3+} \text{Fe}_{2/3}^{2+} \text{Zn}_{1/3}^{2+}] \text{O}_4^{2-}$ rendszerből a Zn^{2+} ionokat kiszorítja és a Ti^{4+} ion ezek helyére épül be. A fölöslegben lévő ZnO a spinellrácsban nem vesz részt (3. táblázat *E* rovata).

F) A rendszer kialakulása éppen úgy történik, mint az *E* esetben. A különbség az, hogy a $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{—ZnO}$ rendszer egymással nem a (17), hanem a (19) egyenlettel leírható módon reagál: $\text{Zn}_{1/3}^{2+} \text{Fe}_{2/3}^{3+} [\text{Fe}_{4/3}^{3+} \text{Fe}_{2/3}^{2+}] \text{O}_4^{2-}$ képzése közben (3. táblázat *F* rovata). Ez a feltevés a $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{—ZnO}$ kettős rendszer *D* pontjának felel meg.

Az egyes feltevéseknek megfelelően az összetétel függvényében kialakuló Fe^{3+} és Fe^{2+} ionok számát és az elektronsere lehetőségeket a 3. táblázat tartalmazza, grafikusán pedig a 7. ábra szemlélteti. Hogy a kétdimenziós ábrázolási mód mellett maradassunk, az összetétel leírásánál megmaradtunk az *A* elképzelés szerinti alakulásnál, de ez csupán formai jellegű. A 3. táblázatban az egyes oxidok mol %-os arányát is feltüntettük. A fajlagos ellenállásnak az összetétel függvényében észlelt változásait is szemléltettük a 7. ábrában.

A *C* és *D* lehetőségek adatait az ábrában nem tüntettük fel, mert egyik eset sem írhatja le az oxidrendszer kialakulását. *C* esetében ugyanis az ellenállásnak az összetétel függvényében két minimumot kellene leírnia, *D* feltételezésekor pedig olyan kevés elektronsere lehetőség adódik, hogy az nem okozhatja a vezetőképességnek kísérletileg észlelt változását.

A *B*, *E* és *F* pont alatti rendszerek közül a részfolyamatok tanulmányozása után kiesik a *B* elképzelés is. A $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{—ZnO}$ kétkomponensű



7. ábra. $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{—ZnO—TiO}_2$ rendszerbe tartozó félvezetők fajlagos ellenállása és az elektronsere valószínűsége az összetétel függvényében.

rendszeren végzett vizsgálatok azt mutatták, hogy a ZnO hajlamos beépülni a $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ rácsába. A *B* pontban viszont éppen azt feltételeztük, hogy a ZnO nem lép be a spinellrácsba. A vezetőképesség maximuma itt a 14 mol % $\text{Zn}(\text{FeTi})\text{O}_4$ tartalom esetében kellene, hogy jelentkezzen. Ez ugyan közel meggyezik a kísérletileg észlelt 10 mol %-os összetétellel, de nem magyarázza meg azt, hogy a TiO_2 -t nem tartalmazó, a formálisan a $\text{Zn}^{2+}(\text{Fe}^{3+}\text{Fe}^{3+})\text{O}_4^{2-}$ képlettel leírható kiindulási rendszerben miért sokkal kisebb a fajlagos ellenállás értéke, mint a $\text{Zn}^{2+}[\text{Fe}^{2+}\text{Ti}^{4+}]\text{O}_4^{2-}$ összetételűnek feltételezett rendszerben.

Az *E* és *F* elképzelés szerinti rendszerek kialakulása a $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{—ZnO}$ kettős rendszer tanulmányozása alapján egyformán valószínű. Ezen feltételezések szerint feltétlenül megköveteljük, hogy a tisztán a $\text{ZnO—Fe}_2\text{O}_3$ rendszerbe tartozó, formálisan $\text{Zn}^{2+}(\text{Fe}^{3+}\text{Fe}^{3+})\text{O}_4^{2-}$ képlettel leírható rendszer vezetőképessége nagyobb legyen, mint az összetétel sorozat másik végét képviselő $\text{Zn}^{2+}(\text{Fe}^{2+}\text{Ti}^{4+})\text{O}_4^{2-}$ összetételé.

Hogy melyik feltevés felel meg inkább a valóságnak, azt az ellenállás-minimum számított helyzetének a kísérleti adatokkal való egyezése szabja meg, az *E* elgondolás esetében az ellenállás-minimum 6 mol % feltételezett $\text{Zn}(\text{FeTi})\text{O}_4$ tartalom mellett, *F* elgondolásnál 10 mol % esetében kell, hogy jelentkezzen.

A fajlagos ellenállásnak az összetétellel való változása teljesen azonos fekvésű minimummal rendelkező és azonos jellegű görbével írható le, mint az *F* elgondolás elektronsere lehetőségeinek az összetételtől való függése.

A hármas oxidrendszer kialakulását tehát az F pont alatti elgondolás írja le a legmegközelítőbb módon. Ez a tény egyúttal választ ad arra a kérdésre is, hogy a γ - Fe_2O_3 rácsába a Zn^{2+} ionok a tetraéderez vagy az oktaéderez szimmetriájú helyekre épülnek-e be. A folyamatot a (19) egyenlet írja le, a Zn^{2+} a tetraéderez helyekre törekszik, a Fe_2O_3 — ZnO rendszerben a D elképzelés írja le a rendszer alakulását.

Az a körülmény, hogy a kísérleti körülmények között cinkferrit nem keletkezik, összhangban van Toropov és Boriszenko észlelésével (18). Közlésük szerint ZnO — Fe_2O_3 rendszerben cinkferrit csak 20 órás 1350°C -on való tartás után képződik.

4. Összefoglalás

Előállítottunk kerámiai módszerek segítségével Fe_2O_3 — ZnO — TiO_2 hármasrendszerbe tartozó, vegyértékváltással működő félvezetőket.

A vezetőképességnek az összetétel függvényében történő alakulásából megállapítottuk, hogy a kiinduláshoz használt γ - Fe_2O_3 kristályrendszer képezi a félvezetők alapját. A γ - Fe_2O_3 spinell rácsának üres oktaéderez helyein kezdődik meg az oxidrendszerek összeépülése. A Ti^{4+} ion oktaéderez, a Zn^{2+} ion tetraéderez szimmetriájú helyre épül. Az üres helyeknek megfelelő TiO_2 , illetve ZnO tartalom felett a fölös TiO_2 , illetve ZnO nem lép be a spinell rácsba. Hármas rendszerben a Ti^{4+} ion foglalja el elsősorban az üres oktaéderez helyeket, a Zn^{2+} ionnak a beépülése csak akkor következik be, ha a titántartalom kisebb, mint ami a γ - Fe_2O_3 rácsában lévő üres helyeket elfoglalhatja. Ilyenkor a Zn^{2+} ion tetraéderez szimmetriájú helyre épül be, az üres oktaéderez

helyet az addig tetraéderez Fe^{3+} ion foglalja el. A kísérleti körülmények között cinkferrit és Zn^{2+} (Fe^{2+} Ti^{4+}) O^{2-} spinellek nem alakultak ki.

A szerkezet kialakulásának feltételezett mechanizmusa kielégítően magyarázza a vezetőképességnek az összetétellel való változását.

Irodalom

- [1.] T. E. Bradburn, G. R. Rigby : Trans. Brit. Ceram. Soc. 52. 417. 1953.
- [2.] E. D. Devjatkova, Ju. P. Masztrakovec, L. Sz. Sztilbanc : Zsurn. Tehn. Fiziki 22. 129. 1952.
- [3.] C. Wagner, E. Koch : Z. phys. Chem. B. 32. 439. 1936.
- [4.] E. I. W. Verwey, E. L. Heilmann : J. Chem. Physics 15. 174. 1947.
- [5.] G. I. Szkanavi, A. I. Demesina : Zsurn. ekszp. teoret. Fiziki 19. 3. 1949.
- [6.] F. F. Volkenstein : Elektroprovodnoszty poluprovodnyikov 1947. Moszkva.
- [7.] Hoffmann Tibor : Félvezetők és dielektrikumok elmélete. 1953. Mérn. Továbbképző Int. 1643.
- [8.] A. I. Gubanov : Zsurn. tehn. Fiziki 20. 11. 1950.
- [9.] K. Hauffe, H. Grunewald, R. Tränckler—Greese : Z. Elektrochem. 56. 937. 1950.
- [10.] G. H. Jonson : J. Am. Ceram. Soc. 36. 97. 1953.
- [11.] Sz. I. Gorelyik : Zsurn. ekszp. teoret. Fiziki 21. 832. 1951.
- [12.] K. Hauffe—H. Grunewald : Z. phys. Chem. 198. 248. 1951.
- [13.] O. Glemser : Chem. Ber. 71. 158. 1938.
- [14.] E. D. Devjatkova, Ju. P. Masztrakovec, L. Sz. Sztilbanc, T. Sz. Stavickája : Dokl. Akad. Nauk. 84. 681. 1952.
- [15.] A. I. Gubanov : Zsurn. ekszp. teoret. Fiziki 21. 79. 1951.
- [16.] K. Hauffe, J. Block : Z. phys. Chem. 198. 247. 1951.
- [17.] E. J. W. Verwey, P. B. Braun, E. W. Gorter, F. C. Romeijn, J. H. van Santen : Z. phys. Chem. 197. 6. 1951.
- [18.] N. A. Toropov, A. I. Boriszenko : Dokl. Akad. Nauk. 82. 607. 1952.

Az építőanyagipari önköltségtervezés jelenlegi feladatai

DR. KECSKÉ S MIKLÓS

Az önköltség a vállalati tervek minőségének szintetikus mutatószáma. Kifejezésre jut benne a vállalati tervmunka minden oldala. Visszatükrözi a termelési kapacitás-kihasználás, a műszaki fejlesztés, a termelékenység-emelkedés és az anyagtakarékosság minden tényezőjét. Ebből az összetett jellegéből következik, hogy az önköltségi tervek készítése nemcsak a vállalatok terv- és számíteli munkakörökben foglalkoztatott dolgozóinak feladata, hanem egyaránt nagy szerep jut abban a műszaki dolgozóknak is.

A termelési kapacitások jobb kihasználásának az önköltség csökkentése irányában gyakorolt hatása nem szorul bővebb magyarázatra.

A költségeknek ugyanis igen tekintélyes része — a közvetett költségek — nem emelkednek arányosan a termelés növekedésével, hanem megközelítőleg változatlanok maradnak. Pl. az értékcsökkenési leírás összege nem emelkedik — kivéve azt az esetet, mikor a termelés emelkedése a műszakok számának növekedéséből származik.

Ugyanígy változatlanoknak tekinthetők az igazgatási költségek, javítási, karbantartási költségek, valamint a régie anyag- és munkabéreköltségek stb. is. Ha tehát a termelési kapacitásokat jobban kihasználjuk, az önköltség ezzel párhuzamosan csökkenni fog.

Az önköltségi tervezésnek ebben a részében a műszaki dolgozók csak közvetve vesznek részt. Közvetlen és céltudatos munkát kíván azonban a műszakiak részéről az önköltség tervezésének az a része, mely az önköltség csökkentését a kapacitások észszerű kihasználása révén kívánja biztosítani.

Az 1954. évre jóváhagyott tervfeladatok egyes iparágakban, a tervszámoknak a szükségletekkel való összehangolása révén, nem kívánnak meg olyan fokozott erőfeszítéseket, mint a korábbi években, hanem módot nyújtanak az elmúlt években elhanyagolt termelőberendezések felújítására, a minőség javítására, egyszerűen az elkövetkező évek feladataira való felkészüléshez. Ez nyilván-

valóan együtt jár azzal, hogy a tervfeladat teljesítése a termelési kapacitások teljes mértékben való kihasználása nélkül is lehetséges. Ilyenkor lép előtérbe a termelési kapacitásokkal való helyes gazdálkodás. Világítsuk meg ezt a kérdést az alábbi példával.

Egy kőbánya vállalat három üzemmel dolgozik, úgymint A, B és C üzemmel. Valamennyi üzemben terméskövet termelnek. Az 1954. évi tervfeladat 10 000 tonna kővel alacsonyabb az 1953. évi termelésnél.

A terv elkészíthető és végrehajtható úgy, hogy mindhárom üzem tervét arányosan csökkentjük. Ezáltal a kapacitáskihasználás nemcsak a vállalati viszonylatban, hanem az egyes üzemeknél is romlani fog, ami szükségképpen az önköltség emelkedését vonja maga után.

Vizsgáljuk meg viszont, hogyan alakul az önköltség, ha a tervet nem arányosan osztjuk el az üzemek között. Induljunk ki abból, hogy a leg-

kisebb kapacitású, nem gépesített és magas önköltséggel dolgozó „C” üzem üzemeltetését a környékbeli lakosság foglalkoztatása szempontjából nem kívánják meg, mert más megfelelő munkalehetőségek is vannak. Ebben az esetben a tervfeladat végrehajtható úgy, hogy csupán az „A” és „B” üzemeket üzemeltetjük. Ezeknél az üzemeknél a kapacitáskihasználás javulni fog; következésképpen csökkenthető az önköltség is. Ha az alábbi táblázatot tüzetesen megvizsgáljuk, kitűnik, hogy a tervfeladat végrehajtható az önköltség 6,9%-os emelkedése és 17,1%-os csökkentése mellett is, továbbá, hogy a vállalati szinten elérhető önköltségsökkentés lényegesen meghaladja az egyes üzemeknél külön-külön elérhető önköltségcsökkentés mértékét. Ez annak az eredménye, hogy a legnagyobb önköltséggel dolgozó „C” üzem leállítottuk, vagyis a rendelkezésre álló termelési kapacitásokkal észszerűen, az önköltségi szempontokat figyelembevéve gazdálkodtunk.

1. táblázat

	Termelési kapacitás 1000 t	Termelés 1953.	Kapacitás kihaszn.	1954. I. 1000 t	1954. évi terv		Kapacitás kihaszn.
					Kapacitás kihaszn.	1954. II. 1000 t	
A üzem	200	100	50%	95	47,5%	120	60 %
B üzem	100	44	44%	41	41 %	50	50 %
C üzem	60	36	60%	34	56,7%	—	—
Váll. összes.	360	180	50%	170	47,2%	170	47,2%

	Egységre eső önköltség			Önköltség összesen 1000 Ft		
	1953.	1954.		1953.	1954.	
		I.	II.		I.	II.
A üzem	12	13	11	1200	1235	1320
B üzem	15	16	14	660	656	700
C üzem	20	21	—	720	714	—
Összes.	14,33	15,32	11,88	2580	2605	2020
Bázisindex	100%	106,9%	82,9%			

I. A termelési tervfeladatnak az 1953. évi tényszámok alapján való elosztása mellett.
II. A kapacitásokkal való helyes gazdálkodás mellett.

A műszaki fejlesztés, a termelékenység alakulásán keresztül, a legszorosabb összefüggésben van az önköltséggel. A műszaki szervezési intézkedések túlnyomó része egyéb kihatásain túlmenően az önköltségre jelentős befolyással bír. Ezért igen nagy jelentősége van annak, hogy a műszintervbe felvett intézkedések önköltségi kihatásai, összefüggéseikben beépüljenek az önköltségi tervbe.

A műszaki szervezési intézkedések hatékonyságának számítási módjával lapunk legutóbbi száma részletesen foglalkozott, így arra most bővebben nem térünk ki. Rá kell azonban mutatni arra, hogy bármilyen helyesen történjen is a gazdaságosság megállapítása, ha az a vonatkozó tervfejezeteken — munkaügyi, anyag s végső soron az önköltségi terven — keresztülvezetve nincsen, tervezésünk hiányos és meg nem felelő

lesz. Ezért igen fontos, hogy a hatékonyságra vonatkozó mellékszámításokat a műszakiak eljuttassák a tervosztályra, ahol gondoskodnak arról, hogy a kapcsolódó tervfejezetek elkészítésénél a megfelelő változások figyelembe vétessenek.

Az építőanyagiparban, melyben a munkafolyamatok — az előállított termékek jellegének megfelelően — általában munkaigényesek, különösen a nehéz fizikai munka megkönnyítése, a gépesítés fokozása bír jelentőséggel. A gépesítés nagyban befolyásolja az önköltség alakulását. Hatása abban nyilvánul meg, hogy az önköltség szerkezete eltolódik az élőmunka ráfordítások felől a holtmunka ráfordítások felé. A munkabérek súlya az összes ráfordításokon belül aránylag csökken, az anyag és az értékesítői leírás költségei pedig aránylag emelkednek. Az önköltségi szerkezetének megváltozása azonban a költségek

összességének egyidejű csökkenése mellett megy végbe. Ilyen körülmények között helytelen, ha a tervmunkások a terv készítéséhez csak a megtakarítások összegét kapják meg, mert ez esetben az egyes költségeken nem vezethetik keresztül az azokat érintő változásokat.

Mint ismeretes, terveink megalapozottságát úgy biztosítjuk, hogy széles körben alkalmazunk normákat és normatívákat. Kétségtelen azonban, hogy a jól megalapozott terv végrehajtása is csak az esetben lesz lehetséges, ha a teljesítésnél is azonos normákat veszünk alapul, mint a tervezésnél. Így például hiába terveztük meg helyesen a gépesítés hatásaként elérendő munkaerőmegtakarítást, ha nem intézkedtünk idejében a túlhaladottakká vált munkanormák helyesbítésére. Ezért a műszaki fejlesztési tervbe felvett munkaigényesség-csökkentő intézkedésekről, gépesítésről a munkaügyi osztályokat is értesíteni kell, hogy a normák módosítására a szükséges intézkedéseket megtegyék.

Mindezek az önköltségi terv helyes elkészítésére vonatkozó szempontok a vállalatok műszaki dolgozói körében általában ismertek, és azokat munkájuk során többé-kevésbé figyelembe is veszik.

Ezek azonban nem merítik ki azokat a feladatokat, melyek az önköltségi terv készítésében a műszaki dolgozókra hárulnak.

További és igen nagy feladat vár műszaki dolgozóink részéről megoldásra a közvetett anyagköltségek normáinak kidolgozása, illetve a már kidolgozott normák körének lényeges kiterjesztése terén. Ez az önköltség tervezésének ezidőszerint legelhanyagoltabb és legkevésbé ellenőrzött része.

A közvetlen anyagköltségek tervezése teljes egészében jóváhagyott normák alapján történik. Nem ez a helyzet azonban a közvetett anyagköltségek túlnyomó részénél. E költségeket tapasztalati adatok alapján, általában globálisan, csak értékben tervezik meg. Ez nyilvánvalóan helytelen, s nem járul hozzá az anyagtakarékosság kiszélesítéséhez, az önköltség csökkentéséhez. Ezt a helytelen gyakorlatot mozdítja elő önköltségi tervünk metodikája is, mely a felhasználásra kerülő anyagok 90%-ának tételes megtervezését írja elő. Ez indokolt lehet olyan iparágakban, ahol a felhasznált anyagok száma igen nagy, de az építőanyagiparon belül kétségtelenül mód lenne a tételesen tervezendő anyagok körének kiszélesítésére.

A regie-anyagok felhasználása jelenleg legtöbb vállalatnál a művezetők tetszésére van bízva, a kivételezéseket nem ellenőrzik, lényegében tehát nem gazdálkodunk ezen anyagokkal. Ha figyelembe vesszük, hogy az építőanyagipari vállalatok önköltségében a különböző felhasznált regie-anyagok értéke eléri, sőt meghaladja az összes költségek 10%-át, nyilvánvalóvá válik, hogy ez az a terület, ahol gazdálkodásunk megjavításával, fokozott anyagtakarékosság megvalósításával el lehet és el kell érni az önköltség csökkentését.

Az anyagtakarékosság előfeltétele az anyagokkal való tervszerű gazdálkodás, megfelelő anyagfelhasználási normák és normatívák kialakítása.

Ismeretes, hogy a termékek előállításához felhasznált közvetlen anyagok normáit a gyártmány egységére állapítjuk meg. A közvetett regie-anyagok normalizálása azonban ezzel a módszerrel nem végezhető el. Egy-egy műhelyben vagy üzemrészben ugyanis a legtöbb esetben nemcsak egyféle, hanem igen sok gyártmányt állítanak elő, s így a közvetett anyagokat is többféle gyártmány előállításánál használják fel. Ebből következik, hogy a közvetett anyagok felhasználási normái gyártmányonként nem készíthetők el, hanem azokat műhelyenként felmerülési helyükön, az úgynevezett költséghelyeken kell normalizálnunk.

A közvetett költségek normáinak megállapítása azonban sokkal szerteágazóbb feladat, mint a közvetlen anyagok normáinak megállapítása. A közvetlen anyagok normáit a tapasztalati adatokból kiindulva, a túrt-selejt és hulladék figyelembevételével a gyártmány egységére különösebb nehézség nélkül előíranyozhatjuk. Nem így van azonban a közvetett anyagköltségek normáinál. A közvetett anyagköltségek felmerülését esetenként más és más körülmények szabályozzák. A kalapácsfelhasználás mértéke pl. a műhelyben dolgozók létszámától, illetve az általuk teljesített munkaórák számától függ, az esztergakések felhasználása viszont az esztergapadok által teljesített üzemórák számától stb.

Az elmondottakból következik, hogy a közvetett anyagköltségek normáinak megállapítása során az első lépés az, hogy megállapítsuk azokat a költségjellemzőket, melyekhez a felmerült költségeket viszonyíthatjuk.

Ha nem így járnánk el, és a közvetett anyagköltségek normáit pl. a termelési érték alakulásának arányában irányoznánk elő, normáink feltétlenül laza lennének, mert a közvetett anyagköltségek nagy része nem követi a termelés változását, hanem attól függetlenül megközelítőleg állandó marad. Ugyanígy helytelenek lennének normáink akkor is, ha valamennyi anyagnál vagy nagyobb anyagcsoportnál azonos költségjellemzőket állapítanánk meg, mert a legritkább esetben lehet olyan általános jellemzőt találni, mely valamennyi anyagfelhasználást helyesen tükrözné vissza.

A költségjellemzőket, mint fentiekből kitűnik, igen nagy részletességgel üzemrészenként, műhelyenként állapítjuk meg.

Egy gépműhely közvetett anyagfelhasználására pl. az alábbi költségjellemzők állapíthatók meg:

2. táblázat

Anyag megnevezése :	Költségjellemző :
Menetvágó, menetfúró	gépi üzemóra
Kalapácsok, reszelők	szakmunkás óra
Különböző olajok, gépszij	gépi üzemóra
Marók, kések	gépi üzemóra
Grafitos tömítés	prés üzemóra
Vágóacél	rúgós kalapács üzemóra
Gépolaj és fúróolaj, gépszir	gépi üzemóra
Kenőszappan és rongy	fizikai dolgozó létszám

Mint az elmondottakból kitűnik, a költségjellemző nagysága döntően befolyásolja a közve-

tett anyagköltségek nagyságát is. A költségjellemzők helyes megállapítása azonban önmagában véve még nem elegendő önköltségi tervünk helyes elkészítéséhez. Meg kell még állapítanunk azt is, hogy a bázisidőszakban a költségjellemző egy egységére mennyi közvetett anyagköltség esett. A költségjellemző egy egységére eső közvetett anyagköltség mértékét költségmutatónak nevezzük.

Önköltségi tervünk készítésének további lépése az, hogy alapos elemzést végzünk, milyen lehetőség van a költségmutatók csökkentésére, s ennek alapján a tervidőszakban a költségjellemző egységére indokoltan milyen nagyságú közvetett költség eshet, vagyis megállapítsuk a tervidőszak közvetett anyagköltségnormáit.

A közvetett anyagköltségnormák például az alábbiak szerint állapíthatók meg:

3. táblázat

Anyag megnevezése	Mennyiségi egysége	Felhasználási jellemző	A felhasználható anyag mennyisége a felhaszn. jell. egységére
Olajfesték	kg	1 m ² festendő terület	1
Fűrők	db	1000 gépüzemóra	1,147
Gépolaj	t	1000 gépüzemóra	0,250
Kenőszappan	kg	műhelyi munkáslétszám	0,4

Mint fentiekből kitűnik, a közvetlen és közvetett anyagköltségek normái között lényeges különbség abban van, hogy a közvetlen anyagköltségek normái a gyártmányegységekre, a közvetett anyagköltségek normái pedig a költségjellemzők egységére vonatkoznak.

Nyilvánvaló, hogy az önköltség csökkentése érdekében nemcsak a közvetett anyagköltségek, hanem az egyéb közvetett költségek normalizálására is szükség van. Így ki kell dolgoznunk ezeket a normákat vagy felhasználási jellemzőket a közvetett munkabéreköltségekre is. Természetes az, hogy ezek a felhasználási jellemzők a közvetett munkabéreköltségek tekintetében is ugyanolyan elvi alapokon fognak felépülni, mint a közvetett anyagköltségek normái. Ezeknél is költségjellemzőket kell megállapítanunk, és a felhasználási jellemzőket a költségjellemzők arányában előírni. A költségek normái adott körülmények mellett készülnek, s ugyanúgy vonatkozik rájuk is, hogy a kiindulásként felvett körülmények megváltozásakor módosítandók.

Ezért alakulásukat az egyes tervidőszakok folyamán állandóan figyelemmel kell kísérni, s változások esetén a normák megváltoztatására intézkedni.

A közvetett költségeknek a fentiekben ismertetett módszerrel való normalizálása az előfeltétele

annak, hogy önköltségi tervünket az eddigiéknél megbízhatóbb módon készíthessük el.

A közvetett költségnormák jelentősége azonban nemcsak ebben áll. A közvetett költségnormák kidolgozása előfeltétele annak, hogy az önálló műhelyszámolást a vállalatok megvalósíthassák, továbbá bevezethessék az anyagokkal való fokozottabb takarékossgát célzó, egyéni megtakarítási számlákat. Csakis ezen normák segítségével mérhető és bírálható el a műhelyek és üzemek gazdálkodása, eredményei, az önköltségsökkenés területén.

A költségnormák alapján ugyanis az egyes költséghelyek — műhelyek, üzemszek stb. — megkapják regie-keretüket, amelyet a tervidőszakban túllépniök nem szabad. Természetesen ez a keretszám meghatározott termelési színvonalra vonatkozik és a termelés emelkedése esetén az — a költségnormák betartása mellett — megfelelő mértékben emelhető.

Így járul hozzá a közvetett költségek normalizálása önköltségi tervezésünk megjavításához, lendíti fel az önálló műhelyszámoláson és az egyéni megtakarítási számlákon keresztül a munkaversenynek e téren való kibontakozását, és segíti elő az önköltségsökkenésen keresztül az árak leszállítását, életszínvonalunk emelését, pártunk és kormányunk új programjának megvalósítását.

Új módszer a fajlagos felület meghatározására*

TORONYI BÉLA

Finom szemcséjű anyagok vagy őrlmények fajlagos felületének mérése állandó érdeklődés tárgya. 1950-ben *Grofcsik János* és *Vágó Elek* (1) tanulmányozták a gyakorlatban alkalmazott módszereket. Kísérletek és elméleti megfontolások alapján megállapították, hogy a jelenben alkalmazott módszerek egyike sem hibamentes, a módszerek egyikével sem lehet a porok szemcséinek felületét kellő pontossággal mérni, és hogy a fajlagos felület abszolút értékének mérésére a módszerek egyike sem alkalmas. Legjobbnek bizonyult a permeabilitáson alapuló *Lea Carman*-féle eljárás cementfinomságú poroknál, de agyag-ásványoknál ez nem használható.

A múlt év elején *Georg Karagounis* (2) egy sokat ígérő, teljesen új módszer elvét ismertette a fajlagos felület mérésére. Az új módszer *Wilhelm Ostwald* 1897-ben leközölt azon megállapításán alapszik, hogy a kristályos anyag egy bizonyos minimális rétegvastagságban amorf lehet. Ostwald a legkisebb, a kristályosodást még megindító kristálynagyságot kereste. Kísérletei folyamán azt észlelte, hogy a szalicilsavas fenileesztér, amely anyaggal kvarcsemmeket vont be, egy bizonyos rétegvastagság esetén túlhűtött olvadékában a kristályosodást nem indítja meg. Ezen észleléséből Ostwald azt következtette, hogy a kristályos szerkezetű organikus anyag a szemcsék felületén mint amorf film helyezkedik el és ezért nem képes a kristályosodást megindítani.

Kézenfekvő, hogy Ostwald észlelése alkalmazható a fajlagos felület mérésére, ha a még amorf és a már kristályos rétegvastagság közti sáv keskeny, és ha a túlhűtött olvadék elég érzékenyen képes az amorf, illetve kristályos állapotot kimutatni. Ha e két előfeltétel megvan, a fajlagos felület mérése végezt meg kell keresnünk a por és bevonóanyag közti súlyviszonyt. Oldószerben oldott bevonóanyagot viszünk különböző koncentrációban a mérendő por felületére, és az oldószer elpárologtatása után a bevonóanyag túlhűtött olvadékát a bevont porral beoltjuk. Növekvő koncentrációk alkalmazása esetén eleinte a beoltás eredménye negatív. A túlhűtött olvadék nem változik. Egy bizonyos koncentrációtól kezdve a beoltás pozitív eredménnyel jár, a túlhűtött olvadék kikristályosodik. Azt a bevonóanyag-mennyiséget, mellyel egységnyi mérendő port vontunk be, és amely a túlhűtött olvadékban a kristályosodást még éppen megindítani képes, kritikus bevonóanyag-mennyiségnek nevezzük és B_k -val jelöljük. B_k érték birtokában kifejezhetjük egy por finomságát, vagypedig összehasonlíthatjuk különböző őrlmények aprítottságát, azonban a fajlagos felületet abszolút értékben nem fejezhetjük ki. A fajlagos felület abszolút értékének méréséhez ismernünk kellene azt a minimális réteg-

vastagságot, amely rétegvastagsággal a kritikus bevonóanyag-mennyiség a szemcsék felületén elhelyezkedik. Ha a minimális rétegvastagságot ismerjük, a fajlagos felület a következő képlettel számítható ki:

$$F_j = \frac{B_k}{f \cdot R_{min}}$$

B_k = kritikus bevonóanyag-mennyiség, g/g,

f = bevonóanyag fajsúlya,

R_{min} = minimális rétegvastagság, cm.

Ha ismerjük a fajlagos felületet, a képlettel a minimális rétegvastagság kiszámítható. G. Karagounis két különböző módon megkísérelte a minimális rétegvastagság meghatározását. Az egyik esetben port szitált, és az egyes szitákon definiált szemcsenagyságú frakciókat nyert. Az egyes szemcséket sima felületűeknek és gömbalakúaknak feltételezve, kiszámította a fajlagos felületet. A kapott értéket fenti képletbe behelyettesítve 6,9 Å minimális rétegvastagságot kapott. Tekintettel arra, hogy az egyes szemcsék felülete nem sima és a szemcsék nem gömbalakúak, a 6,9 Å érték nyilvánvalóan túl magas. Alsó határként feltételezhetjük, hogy két molekula vastagságú réteg esetén a kristályrács már annyira zavart, hogy a kristályosodást nem képes megindítani. A két határérték közt tehát 4 Å vastagságúnak becsülhetjük a minimális rétegvastagságot. Másik esetben a Brunauer és Emmett-féle nitrogén adszorpciós módszert alkalmazta, és a kapott fajlagos-felület értékből 13,2 Å minimális rétegvastagság adódott ki.

Amint látjuk, a kapott értékek csak igen durva megközelítéssel adják meg a minimális réteg vastagságát. Ezért helyesebbnek találjuk egyelőre a B_k értékkel fejezni ki a porok finomságát.

A Nehézvegyipari Kutató Intézet Szilikát-kémiai osztályán célul tűztük ki az ajánlott elven alapuló eljárás kidolgozását. Munkálataink első részében részleteiben is kidolgoztuk az eljárást, megvizsgáltuk használhatóságát és pontosságát.

Az eljárás ismertetése

Bevonóanyagként olyan etiléterben oldódó organikus anyagok jöhetnek számításba, melyek 1. 40° C hőmérséklet körül megolvadnak, tehát szobahőfokon kényelmesen túlhűthetők, 2. a mérendő poron jól szétterülnek és 3. olvadéka jól túlhűthető, de a mérendő por a kristályosodást nem indítja meg. Ilyen tulajdonsággal rendelkező és könnyen hozzáférhető anyagok pl. a szalicilsavas fenileesztér (salol), olv. pont 43°, p-klórphenol, olv. pont 42,9°, p-kresol, olv. pont 33,8°, thymol, olv. pont 51,5°. Ezek közül legmegfelelőbbnek a salolt találtuk, és továbbiakban kizárólag ezen anyaggal dolgoztunk. A kereskedelmi tisztaságú salol olv. pontja 41,5° volt, fajsúlya 1,250.

* A Nehézvegyipari Kutató Intézet szilikát osztályának közleménye.

A mérendő anyag előkészítése

A mérendő port kiszárítjuk, és ha szükséges, zsírtalanítjuk. Egy vakpróbát végezve meggyőződünk arról, hogy a por nem indítja-e meg a túlhűtött salololvadékban a kristályosodást. Ezután megállapítjuk a mérendő por átnedvesítéséhez szükséges folyadék mennyiségét. Az oldatban felviendő bevonóanyagoknak ugyanis teljesen át kell a mérendő port nedvesíteni, de az oldatot feleslegben alkalmazni nem szabad. A feleslegben alkalmazott éteres salololdat ugyanis felkúszik az edény falán, és ott az éter elpárolog, a salol pedig kikristályosodik. Hibát követünk el egyrészt azért, mert a portól bevonóanyagot vonunk el, másrészt, mert az edény falán tapadó kristályok a mérendő porba lehullva, mint kristályosodási góccok szerepelhetnek.

A fajlagos-felület mérés kivitelezése

Analitikai mérlegen 1—2 g mérendő port kb. 65 mm hosszú és 24 mm belső \varnothing kémcsövekbe mérünk. Különböző koncentrációjú éteres salol oldatokat készítünk, és az előkészítésnél megállapított térfogatú oldattal a porokat átnedvesítjük. Az étert szobahőfokon párologtatjuk el. A salollal bevont port tartalmazó kémcsöveket ezután 40°-os vízfürdőbe mártjuk, és egyidejűleg vákuum alá helyezzük. A művelet 10 percig tart. A fürdőből kivett kémcsöveket konyhasó és jég keverékében ugyancsak 10 percig —15°-ra hűtjük le azon célból, hogy az esetleges túlhűtést megszüntessük. 10 perc letelte után a kémcsöveket exsiccatorban szobahőfokra hozzuk.

A túlhűtött salololvadékot szintén kémcsövekben készítjük elő. Néhány g-nyi salolt viszünk a kémcsövekbe, és 55°-os vízfürdőben a salolt megolvasztjuk. A vízfürdőből kivett kémcsövek felső részét szabad láng felett 50—60°-ra melegítjük, és ugyancsak a láng felett néhányszor áthúzott gumidugóval a kémcsöveket lezárjuk. Ezen művelet célja, hogy a kémcső falán vagy a dugón tapadó apró salolkristályokat megolvasszuk, és ezzel megakadályozzuk azt, hogy a kristályok később, a bevont porral történő beoltáskor, az olvadékba lehullva a kristályosodást megindítsák és ezáltal az eredményt meghamisítsák. A kémcsöveket ezután szobahőmérsékleten 20°-ra hűtjük le.

A salollal bevont porokat tartalmazó kémcsöveket összerázzuk, és egy-egy késhegynyi kivéve, a túlhűtött olvadékot a bevont porral beoltjuk. Megfigyeljük, hogy növekvő bevonóanyag-mennyiségek esetén a kezdetben negatív eredmény mikor válik pozitívvá, vagyis a bevont por milyen mennyiségű bevonóanyaggal indítja meg a kristályosodást. A határ a bevont porok külsején is elég jól észlelhető. Amíg ugyanis a kritikus bevonóanyag-mennyiséget még nem értük el, a kémcsövek tartalma könnyen szétváltható, a porok a bevonatlan porhoz hasonló külsejűek, a szemcsék nem tapadnak össze. Ha azonban a bevonóréteg már kristályos, a szét-

rázás nehezen megy, a por homokos külsejű és benne kisebb-nagyobb rögök is észlelhetők.

A még negatív és a már pozitív hatású bevonóanyag-mennyiségek középértékét egységnyi porra vonatkoztatva megkapjuk a B_k értéket.

Példaképpen bemutatunk egy istenmezei bentonittal végzett fajlagos-felület mérést.

A bemért bentonit mennyisége 1—1 g. 1 g por átnedvesítéséhez 1 cm³ éter volt szükséges.

1 g porra felvitt salol, g	Beoltás eredménye		
0,050	—	—	—
0,100	—	—	—
0,150	—	—	—
0,200	+	+	+
0,250	+	+	+
0,300	+	+	+

tehát B_k értéke 0,150—0,200 g bevonóanyag-mennyiség között van. Folytatva a műveletet

0,160	—	—	—
0,165	—	—	—
0,170	—	—	—
0,175	—	—	—
0,180	—	—	—
0,185	—	—	—
0,190	+	+	+
0,195	+	+	+

a $B_k = 0,1875$ g/g értékkel megkapjuk a bentonit fajlagos felületét. Ha m²-ben akarjuk a fajlagos felületet kifejezni, a minimális rétegvastagságot (R_{min}) 4 Å-nek véve

$$F_l = \frac{0,1875}{1,250 \cdot 0,00000004} = 3\,750\,000 \text{ cm}^2/\text{g, azaz}$$

375 m²/g értéket kapunk.

A módszer szerint végzett fajlagos-felület mérések hibahatárát vizsgálva a bauxitfeleségnél addig csökkentettük a bevonóanyag mennyiségét, amíg a túlhűtött salololvadék érzékenységének a határát el nem értük. A bauxitpor fajlagos felületét $B_k = 0,0285$ g/g, azaz 57 m²/g-nak mértük. 1 g bauxitpor átnedvesítéséhez 1 cm³ folyadékot használtunk.

1 g porra felvitt salol, g	Beoltás eredménye		
0,0270	—	—	—
0,0280	—	—	—
0,0290	+	+	+
0,0300	+	+	+
0,0280	—	—	—
0,0285	—	—	+
0,0290	+	+	+
0,0295	+	—	+

A 0,001 g-al növelt bevonóanyag-mennyiség tehát még egyértelmű eredményt adott a túlhűtött salololvadék beoltásánál, 0,0005 g változtatás esetén azonban az eredmény már ingadozó. A hibahatár ezek szerint 100 m²/g fajlagos felület esetén $\pm 1\%$, ha a mérendő porból 1 g-ot mérünk be. A bemérés növelésével a hibahatár csökkenthető.

A módszert anorganikus porok vagy örlemények fajlagos felületének megmérésére jól használhatjuk. A mérés kivitelezése egyszerű és elég gyors, mert egy-egy mérés 4—5 óra alatt elvégezhető. A módszer különös előnye, hogy különleges berendezést nem igényel. Az egyes eredmények jól reprodukálhatók.

A fajlagos felületet ezzel a módszerrel sem tudjuk abszolút értékben mérni, ehhez az R_{min} .

a minimális rétegvastagság pontos ismerete lenne szükséges. Munkánk második részében célul tűztük ki a minimális rétegvastagság megmérését.

Irodalom

1. *Grofszik—Vágó*: Örlemények fajlagos felületének meghatározására szolgáló módszerek tanulmányozása. Építőanyag, 1950, 11—12. sz.
2. *Georg Karagounis*: Helvetia Chimica Acta. 1953 febr. 2. sz.

Az üvegolvasztó-kemencék lehűtése

SCHWEGER BÉLA

Miután a kemence üzemeltetését beszüntettük, a tüzelést leállítottuk, továbbá a kéményhuzatot lezártuk és a kemence összes nyílásait letapasztottuk, megkezdjük a kemence lehűtését. A kemencében nincs többé hőszállítás, a kéményhuzat nem von el abból hőt, a nyílásokon keresztül nem jut bele külső hideg levegő; a kemence lehűtése most már lényegileg abban áll, hogy a belsejében és a falazatokban tárolt hőt a falfelületek hőszugárzása útján elvezetjük.

A falazatok hőtartalmát a következő összefüggéssel fejezhetjük ki:

$$Q = c \cdot \gamma \cdot t_m \text{ kal/m}^2,$$

ahol c — a falazat fajhője,

γ — a falazat súlya, kg,

t_m — a falazat középhőmérséklete, $^{\circ}\text{C}$.

Amennyiben a kemencében lévő üvegolvasztókat nem eresztettük le, az eltávolítandó hőmennyiség még a kemencében lévő üveg hőtartalmával növekszik. Ennek értékét a fenti képletben megadott összefüggés alapján, analóg módon határozhatjuk meg. Világos, hogy a kemence hűtésének gyorsítása szempontjából előnyös az üvegolvasztó leeresztése.

A lehűlés a felületeken keresztül történik, ezért a lehűlés sebessége függvénye a kemencét határoló felületeknek és így közvetve függ a kemence alakjától és annak nagyságától. Ismeretes, hogy a négyzetes alaprajzhoz közeledő kemen-

cék határoló falfelülete kisebbedik: így pl. egy 4×4 m alapterületű és 2 m magas kemence határoló felülete (égők és regenerátorok nélkül) 64 m^2 , míg egy 2×8 m, tehát ugyanolyan alapterületű kemence, szintén 2 m magasság mellett már 72 m^2 felületű. A fajlagos határoló felület a kemence nagyságával is csökkenést mutat, mert geometriai idomok növekedésével az alapterületre vonatkoztatott határfelület kisebb lesz, mint ez az 1. ábrán látható.

Így kis kemencék hővesztése térfogatukra vonatkoztatva nagyobb, mint a nagy kemencéké. Tehát, ha azokban üvegolvasztó van, akkor a felhalmozott hő elvezetésére fajlagosan nagyobb felület áll rendelkezésre, ezért gyorsabban hűthetők.

Ha azonban a kemencében sem tüzelés útján való hőszállítás, sem pedig hőt tároló üvegolvasztó nincs, akkor csak a falazatokban tárolt hő elvezetéséről lehet szó, ez pedig nagy kemencéknél fajlagosan kisebb, mint kis kemencéknél. Ilyen esetben a lehűlés sebessége független a kemence nagyságától; nagy kemencéknél csupán a tömegelosztásra kell tekintettel lenni és a lehűtést a legvastagabb faltömegnek megfelelően kell szabályozni.

A kemence lehűlésével kapcsolatos hőátadás három részből áll:

1. Hőcserélődés a belső kemencetér és a falazat belső felülete között:

$$q = \alpha_1 \cdot (t_g - t_b) \text{ kal/m}^2\text{ó},$$

ahol q — a hőmennyiség $\text{kal/m}^2\text{ó}$,

α_1 — a hőcserélődési tényező,

t_g — a kemencetér hőfoka, $^{\circ}\text{C}$,

t_b — a belső falfelület hőmérséklete, $^{\circ}\text{C}$.

2. Hővezetés a falazat belsejében:

$$q = \frac{\lambda}{s} \cdot (t_b - t_k) \text{ kal/m}^2\text{ó},$$

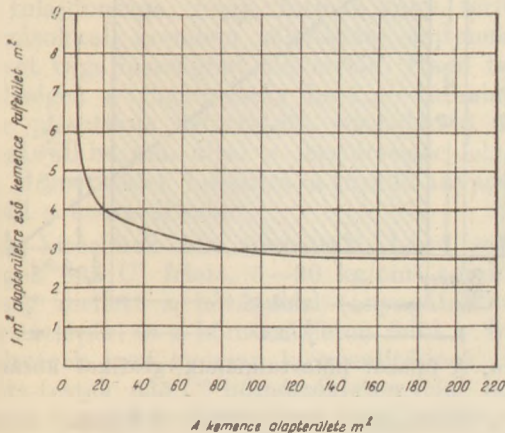
ahol q — a hőmennyiség $\text{kal/m}^2\text{ó}$,

λ — a falazat hővezetési képessége,

s — a falazat vastagsága, m,

t_b — a falazat belső felületének hőmérséklete, $^{\circ}\text{C}$,

t_k — a falazat külső felületének hőmérséklete, $^{\circ}\text{C}$.



1. ábra. Összefüggés a kemence alapterülete és határoló fal felülete között

3. Hőki cserélődés a fal külső felülete és a külső levegő között :

$$q = \alpha_2 \cdot (t_k - t_l) \text{ kal/m}^2\text{ó,}$$

ahol q — a hőmennyiség kal/m²ó,

α_2 — a hőki cserélődési tényező,

t_k — a falazat külső felületének hőmérséklete, C°,

t_l — a külső levegő hőmérséklete, C°.

Ezen három képlet összevonásából kapjuk az összes hőveszteséget :

$$Q = \frac{t_0 - t_l}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{s}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

Ha a kemence belső felületének hőfoka magasabb, mint a kemencetér hőmérséklete, amely eset a tüzelés beszüntetése és az üveg kiengedése után be fog következni, akkor

$$Q = \frac{t_0 - t_l}{\frac{s}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

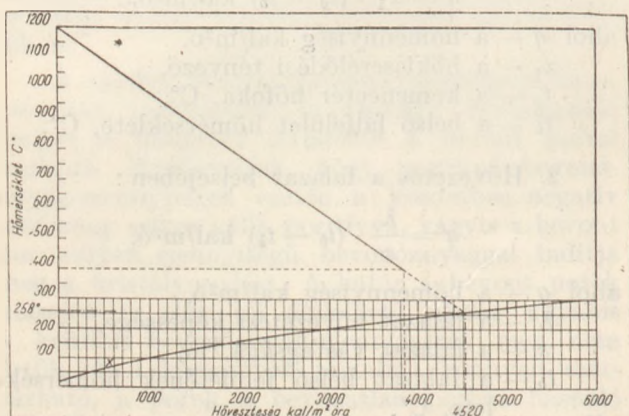
ahol $\alpha_2 = 6,8 + 0,046 \cdot t_k$.

Kiindulva a falazat belső felületének hőmérsékletéből, a falazat külső felületének hőmérsékletét grafikailag is megállapíthatjuk. Erre a célra igénybe vesszük az alanti táblázat adatait.

A kemence sötét külső falfelületén átmenő hőmennyiség = q és a hőki cserélődési szám = α értékei 15 C° hőmérsékletű gyengén mozgó külső levegőnél

t_k falfelület- hőmérséklet	α kal/m ² ó C°	q kal/m ² ó
400	25,2	9700
350	22,9	7660
300	20,6	5860
250	18,3	4300
200	16,0	2960
150	13,7	1850
100	11,4	970
50	9,1	318
15	—	—

Ha pl. meg akarjuk állapítani egy 25 cm vas-tag falnál a hőátadást 15 C° külső levegőhő-



2. ábra. A falazat hőveszteségének meghatározása szerkesztéssel

mérséklet mellett és 1200 C° belső falfelületi hőmérsékletnél, akkor a következőképpen járunk el : Felrajzoljuk az 1. táblázat szerinti külső falfelületi hőmérsékleteket a m² ó-ként átáramló hőmennyiség függvényében, ami által az X-görbét kapjuk (2. ábra).

Próbaként feltesszük, hogy a fal külső felületének hőfoka 400 C°, amely értéket a hővezetés képletébe behelyettesítve

$$q = (1,2 : 0,25) \cdot (1200 - 400) = 3840 \text{ kal/m}^2\text{óra}$$

értéket kapunk.

Ha a diagrammban a 400 és 3840-nek megfelelő metszéspontot összekötjük az ordinátatengelyen jelölt 1200 C°-nak megfelelő ponttal, akkor ezen egyenes meghosszabbítása metszi az X-görbét. E metszéspontot a megfelelő koordinátatengelyekre visszavetítve, a 258 C° külső falfelületi hőmérsékletet és 4520 kal/m²ó hőveszteséget kapjuk. Ellenőrzésként a hővezetés képletébe ezen értékeket behelyettesítve,

$$q = (1,2 : 0,25) \cdot (1200 - 258) = 4520 \text{ kal/m}^2\text{ó.}$$

További jó grafikai szemléletet kapunk, ha a hőki cserélődési tényező képletét

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{s}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}$$

még a hővezetési együtthatóval kibővítjük és az így nyert értékeket egymás mellé mint hosszúságokat felrakjuk :

$$\frac{\lambda}{k} = \frac{\lambda}{\alpha_1} + \frac{s}{\lambda} + \frac{\lambda}{\alpha_2}$$

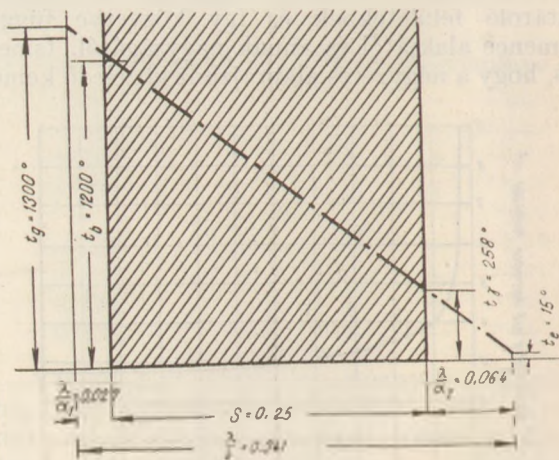
$$\text{ebből } \alpha_1 = 4520 : (1300 - 1200) = 45,2,$$

$$\frac{\lambda}{\alpha_1} = (1,2 : 45,2) = 0,027,$$

$$\frac{\lambda}{\alpha_2} = (1,2 : 6,8) + 0,046 \cdot 258 = 0,064,$$

$$s = 0,25 \text{ m.}$$

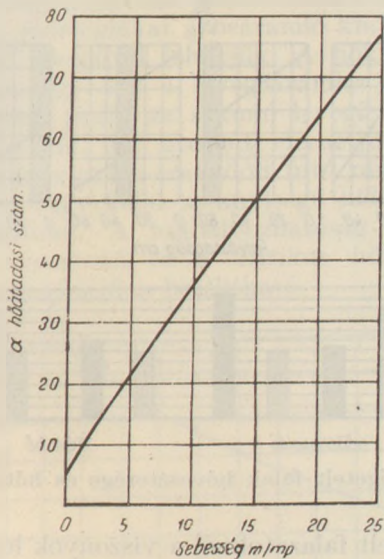
A 3. ábrát ezen értékekkel megrajzolva, a falazatban tárolt hőtartalomról is áttekinthető képet nyerünk.



3. ábra. A falazat hőtartalmának grafikai ábrázolása

A hőátadási képletekből kitűnik, hogy a külső levegő hőmérsékletének süllyedése maga után vonja a falazat gyorsabb lehűlését, de a

hőátadást még azáltal is fokozhatjuk, ha a külső levegőt élénkebb mozgásban tartjuk. Így annak áramlási sebességét fokozva, az α érték növekedésén keresztül a hőátadás is növekszik, mint azt a 4. ábra feltünteti.



4. ábra. A falazat hőátadása a külső levegő áramlási sebességének függvényében

A falazat hűtésénél azonban még más szempontokat is figyelembe kell venni.

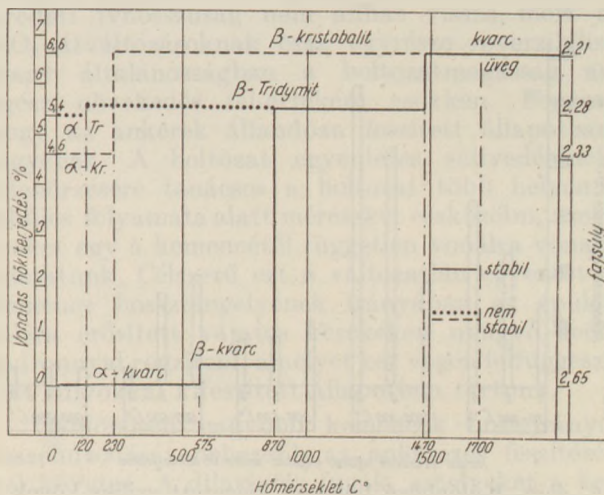
Minden üvegolvasztó-kemence különböző kémiai és fizikai összetételű anyagokból épül. A kemence lehűtésénél arra kell törekedni, hogy annak azon részei, amelyek javításra nem szorulnak, a lehűtés alatt ne szenvedjenek, össze ne repedezzenek és a következő üzemi periódusban felhasználhatók legyenek. Hogy ennek a követelménynek eleget tehesünk, ismernünk kell a beépített tűzállóanyagok hőkiterjedési tulajdonságait, valamint hőváltozásokkal szembeni ellenállóképességüket.

Kerámiai testekben egyenlőtlen felmelegítés vagy lehűtés következtében feszültségek lépnek fel. E feszültségek nagysága függ a kőben levő hőmérsékleti különbség nagyságától, a kő hőkiterjedési együtthatójától és a kő méreteitől (nagyságától és tömegelosztásától). Ismeretes a szilárd testek azon tulajdonsága, hogy forma- vagy térfogatváltozásokkal szemben ellenállást fejtenek ki, amelyet rugalmasságnak nevezünk. Ha a fellépő feszültségek a rugalmasság határát túlhaladják, akkor plasztikus deformáció, maradandó hosszváltozás áll be, ami által a feszültségek feloldódnak. Hőmérséklet hatására a tűzálló anyagoknál is beáll a hosszváltozás.

A kísérletek azt mutatták, hogy samottanyagok 635 °C felett, 5–30 kg/cm² torziós feszültség mellett a hőtágulási (anyagátalakulási) határt átlépik, és a hőmérsékleten felül a fellépő feszültségek igen gyorsan kiegyenlítődnek. Ezért samott-testek 635 °C hőmérsékleten felül hőmérsékletváltozásokkal szemben igen kevésbé érzékenyek. Ugyanilyen tulajdonságúak a jól kiégetett szilika-kövek is. Ebből az következik, hogy

635 °C felett a kemencék lehűtését minden veszély nélkül gyorsíthatjuk, továbbá az is következik, hogy a kemencék tüzelés alatt való lehűtése fölösleges és értelmetlen.

A gyorsított hűtésnek alávetett szilika-kövek tulajdonságainak ismerete elengedhetetlen, mert olyan szilika-köveknél, amelyekben a SiO₂ szabad kvarc vagy kristobalit formában van jelen, magasabb hőmérsékleteknél is hirtelen változtatják térfogatukat. Az 5. ábrában, a SiO₂-rendszer volumen-hőmérséklet diagrammban szemléltetően láthatjuk ezt.



5. ábra. A SiO₂-rendszer volumen-hőmérséklet diagrammja

A reverzibilis átváltozások:

120 °C α tridymit \leftrightarrow β tridymit

0 \leftrightarrow 0,15% növekedés,

230 °C α kristobalit \leftrightarrow β kristobalit

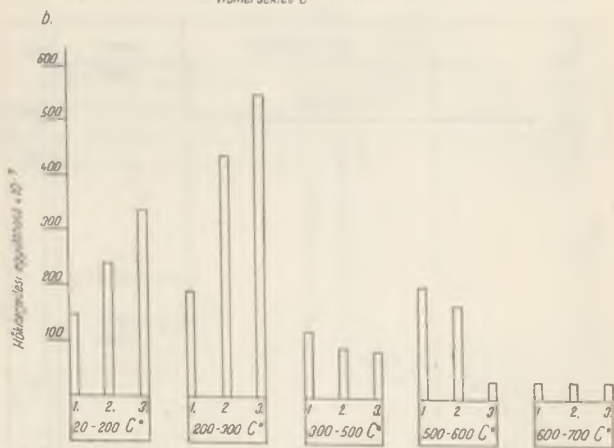
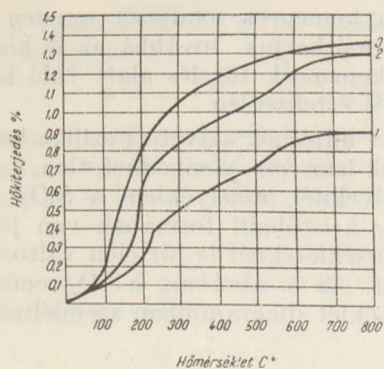
0 \leftrightarrow 2,0 % növekedés,

575 °C α kvarc \leftrightarrow β kvarc

0 \leftrightarrow 0,45% növekedés.

Ezek az értékek a gyakorlatban rendszeren elmosódnak, mert a kövekben csak ritkán vannak homogén kristályok. A tényleges értéket ezenkívül befolyásolják még a kőben levő szemcse-nagyságok és a kő porozitása is.

A kemence lehűtési programjának összeállításánál ismernünk kell a beépített kövek kiégetésének fokát és időtartamát (Wärmevergangenheit). A 6. ábra három különböző hőfoknál kiégetett szilika-kő hőkiterjedési görbéjét mutatja. Az 1. és 2. számú kövek fajsúlya 2,47, illetve 2,48, a 3. számú kőé 2,33, ez utóbbi kiégetése a leg-tökéletesebb. Az 1. és 2. számú kő 575 °C-nál jelentős térfogatváltozást mutat, ami a 3. számúnál elmarad. 230 °C-nál mind a három kőnél észlelhető a kristobalit átváltozás, bár különböző mértékben. A 120–230 °C között a 3. számú kőnél lágyabban fut a kvarceffektus, mint a másik kettőnél. A 6/b ábrában a kövek hőkiterjedési együtthatói vannak a különböző hőmérsékleti tartományokban egymás mellé állítva, és látszik, hogy a 3. sz. kőnél



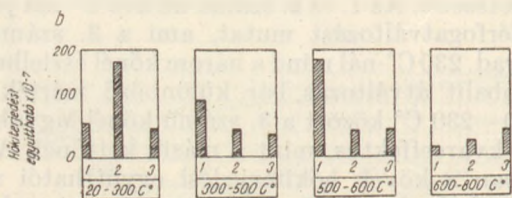
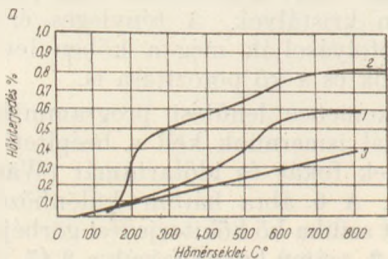
Három különböző hőfokon kiégetett szilika-kő hőkiterjedése.

6. ábra. Különböző hőfokon kiégetett szilika-kövek hőkiterjedése

csak 300 C°-ig van jelentősebb emelkedés, azon túl alig változik. Az 1. és 2. számú kőnél az 500—600 C° között is óvatosan kell hűteni.

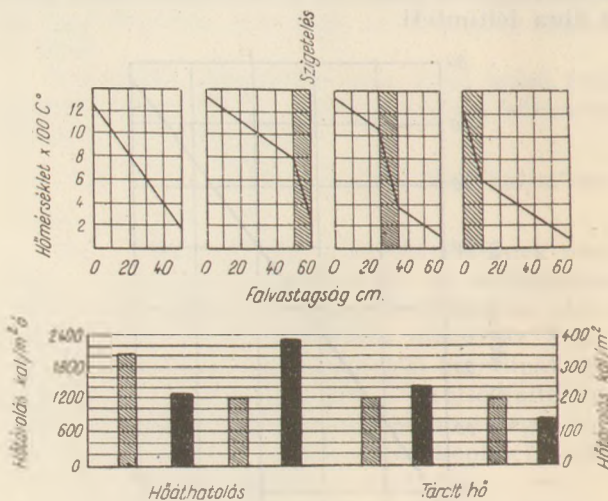
A 7. ábrán három különféleképpen égetett samottkő hőkiterjedése látható. Az 1. és 2. sz. kövekben 70% SiO₂ van, amelynek 50%-a szabad kvarc. Az 1. sz. kő 900 C°-on, a 2. sz. pedig 1350 C°-on lett kiégetve. Az 1. sz. kőnél 575 C°-nál van a legjelentősebb térfogatváltozás, míg a 2. számúnál 230 C°-nál. A 3. számú kő hőkiterjedése egyenletes.

Nem szigetelt, vagyis egynemű anyagból készült falazatoknál tekintettel kell lenni arra,



7. ábra. Különböző hőfokon kiégetett samottkővek hőkiterjedése

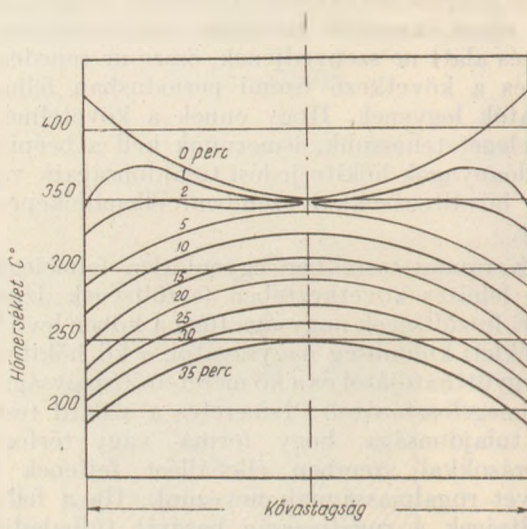
hogy a falazat külső felülete állandóan 600 C° alatt van, és így a lehűtésnél számolnunk kell a kövek érzékenységével.



8. ábra. Szigetelt falak hővesztése és hőtartalma

Szigetelt falazatoknál a viszonyok lényegesen megváltoznak, és a 8. ábra szerint különböző szigetelési módokatnál a hővezetés, a hőtárolás, valamint a falazat belső és külső felületi hőmérséklete más és más értékeket vesz fel.

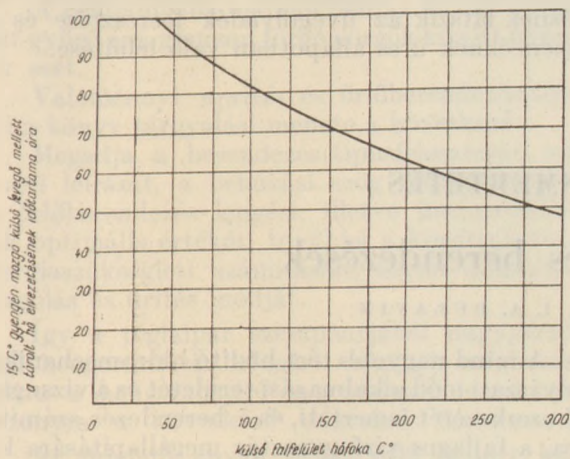
Az üvegolvasztó-kemencék hűtési folyamatának levezetésénél sok biztonságot nyújt a Baritz Á. által bevezetett módszer.



9. ábra. Regenerátor rács téglák lehűlése

Ez a kemence épségének megőrzése mellett a hűtés gyorsításához is hozzájárul. Lényege, hogy a falazat hűtését egységben mindkét oldalról, kívülről és belülről egyszerre végezzük. A kemencetérben levő levegőt állandóan áramoltatjuk, amit azáltal érünk el, hogy a kemencetérből kiszívott levegőt alul a regenerátorokba (vagy rekuperátorokba) visszanyomjuk. A ventilátor által hajtott levegő áramlási sebességével a hőátadást a 4. sz. diagrammban megmutatkozó törvényszerűség szerint növelhetjük. A belső kemence

falazat hűtése az üzemi gyakorlatban a regenerátoroknál állandóan lejátszódik; hatásos és veszélytelen működése ismeretes. A 9. ábrában láthatjuk a regenerátor rácsozatának lehűlését, amely minden váltási periódusban ismétlődik és abból áll, hogy a lehűzési periódusban kb. 400 C°-ra felhevített rácsstéglákat a beáramló kb. 50 C° hőmérsékletű levegővel lehűtjük. A hőkieserődés intenzitását egyrészt a levegőáramlás sebességével, másrészt pedig az áramló levegő hőfokával szabályozhatjuk. Ez utóbbit elérhetjük azáltal, hogy a levegővezeték szabadon futó részét kívülről hűtjük, vagy kellő mennyiségű hideg levegőt hozzáadagolunk. A szabályozhatóság rendkívül finoman végezhető, és a kritikus hőmérsékleti zónákhoz megfelelően beállítható.



10. ábra. Különböző hőmérsékletű falak lehűlési görbéje

A szovjet és más külföldi szakirodalom adatai szerint közepes nagyságú kemencék 100–120 óra alatt a tér-hőmérsékletre lehűthetők. Erre vonatkozólag egy 50 cm vastag falazat hőállapotát vizsgálva, az 1. táblázat adatai alapján a falfelület mindenkori külső hőmérsékletéhez a fal belső felületének hőmérsékletét meghatározhatjuk. Ennek ismeretében a pillanatnyi hőállapotnak megfelelő tárolt hőmennyiséget megkapjuk, és — változatlan állapot feltételezése mellett — a tárolt hő elvezetésére szükséges idő is megállapítható. Az ilyen alapon szerkesztett 10. számú diagramm görbéje adja meg különböző külső falfelületi hőmérsékleteknél a tárolt hő elvezetésére szükséges időt. Ez a görbe azt mutatja, hogy 50 C° külső falfelületi hőmérséklet mellett a tárolt hő elvezetésére 96 óra szükséges. Ekkor azonban a fal belső felületének hőfoka kb. 250 C°, tehát még mindig a kritikus hőmérsékleti zónában van. A további lehűlés folyamán a külső és belső hőmérséklet közötti különbség egyre kisebb lesz, és ezért a hőelvezetés is lassúbbá válik. Ennek alapján a 120 óra alatt történő lehűlés 15 C°-os gyengén mozgó külső levegő esetében elméletileg helytálló. Könnyen belátható, hogy a Baritz-féle módszer szerinti belső hűtésnél a λ_s hővezetési ellenállás csökkenésével a melegátadás gyorsítható, vagy ugyanazon idő alatt történő lehűtésnél kedvezőbben szabályozható.

A kemence lehűtésénél különösen a boltozat épségben maradására kell nagy gondot fordítani, mert annak helyes építés, üzemvezetés és letemperálás esetén általában több üzemi periódusban is használhatónak kell maradnia. Gondoskodni kell arról, hogy a boltozat fokozatos összehúzódásának megfelelően a feszítő vasszerkezeteket (ankereket) utánahúzzuk és a boltozati ív deformációját ezáltal megakadályozzuk. A felhasznált szilika-kövek hőkiterjedésének megfelelően a kemence felfűtésénél a boltozatok emelkednek, ami az ívhosszúság megnagyobbodásának következménye. A térhőmérsékletre való lehűtésnél az eredeti ívhosszúság nem állhat vissza, mert a SiO₂ átváltozásoknak csak egyrésze reverzibilis. Nagy általánosságban a boltozatmagasság az egész növekedés fél-értékére csökken. Fontos, hogy az ankeres állandóan feszített állapotban legyenek. A boltozat egyenletes süllyedésének ellenőrzésére tanácsos a boltozat több helyén a lehűlés folyamata alatt méréseket eszközölni, amelyeket egy a kemencétől független vonalra vonatkoztatunk. Célszerű ezt a változatlan egyenest a kemence hossz tengelyének irányában az épület falára erősített vajatós kerekeken nyugvó acél-sodronnyal rögzíteni, amelyet két végén felfüggesztett súlyokkal kifeszített állapotban tartunk.

Különösen nagyobb kemencék hosszirányú összehúzódását nehezebb az ankerezés feszítésével követni. A dilatációs fugák, amelyeket a kemence építésénél a hosszirányú kiterjedésre hagytunk, a felfűtésnél záródnak, de a lehűtésnél nem nyílnak ismét meg. Ez részben a falazat maradó térfogat-nagyobbodásának, részben pedig annak tudható be, hogy a kövek önmagukban húzódnak össze, feltéve, ha azok belső szerkezete nem lazult fel. Repedések ott állnak elő, ahol a falazatnak legkisebb a húzási szilárdsága, illetve ott, ahol az egyenetlen lehűlés következtében a hőmérsékletkülönbségek hatására a legnagyobb feszültségek léptek fel.

Nyilvánvaló, hogy kádkemencéknél a fenékes oldalkövek simábban húzódnak össze, ha nincsenek üveglvadékkal borítva. Eltekintve attól, hogy az üvegnek más a hővezetőképessége mint a samotté, az üveg már régen megszilárdult, amikor a samottkövek még mindig összehúzódni igyekeznek.

Összefoglalás

A fentiekben letárgyaltuk azokat a tényezőket, amelyek az üveglvasztó-kemencék lehűlésének sebességét befolyásolják, és azokat, amelyekre ezen folyamat alatt figyelni kell.

1. A kemencék lehűtésének sebessége függ a kemence alakjától és alapterületének nagyságától:

a) ha a lehűtést tüzelés alatt végezzük és az üveglvadékot a kádból nem engedjük ki, akkor a lehűtés sebessége fordítva arányos a kemence alapterületének nagyságával;

b) a lehűtést tüzelés nélkül és az üveglvadék leeresztése után végezzük, akkor kis- és nagy-

kemencék lehűtési ideje azonos, és csupán a falazat tömegelosztására kell figyelemmel lenni.

2. A lehűlés fokozható a külső levegő áramlási sebességével.

3. A tűzállóanyagok 600 C°-ig hőkiterjedésük nagyrészen átestek, 635 C° felett a rugalmassági határt átlépték, és ezen felül eső hőmérsékleti tartományokban a hőváltozások iránt csak igen kis mértékben érzékenyek. Ezért 600 C° felett a hűtés gyorsítható.

4. SiO₂-tartalmú kövek a 120, 230 és 575 C° hőmérsékleteknél reverzibilis térfogatváltozásokon mennek keresztül, és ezért ezen hőfokoknál a hűtést óvatosan kell végezni.

5. A kemencék lehűtésénél nagy biztonságot nyújt a Baritz által alkalmazott belső hűtés, amikor is a kemencetér levegőjét ventilátorral állandó körforgásban tartjuk. A levegő áramlási sebességének változtatásával a falazat belső felüle-

tének hűtését finoman szabályozhatjuk, és a kritikus hőmérsékletekhez simulékonyan beállíthatjuk. A falazat hővezetési ellenállása csökkenvén, a hűtés gyorsítható.

6. Szakirodalmi adatok és elméleti megfontolások szerint közepes nagyságú kemencék kb. 120 óra alatt lehűthetők, ha a hűtés a legvastagabb faltömegek szem előtt tartása mellett egyenletes.

7. A falazatokat, de különösen a boltozatot összefogó feszítő vasszerkezeteket a falazat összehúzódásának megfelelően állandóan feszített állapotban kell tartani. A lehűtés után sem a boltozat, sem a falazatok nem térnek vissza pontosan az eredeti térbeli helyzetükbe.

8. A lehűtés gyorsítása, valamint az dolal- és fenékkövek megkímélése szempontjából előnyösnek látszik az üvegolvadék leeresztése és a kemencéknek üres állapotban való lehűtése.

SZOVJET KÖNYVISMERTETÉS

Szilikátipari gépek és berendezések

M. J. SZAPOZSNYIKOV, I. A. BULAVIN

A könyv a Szovjetunió felsőoktatási minisztériumának megbízásából a szilikátipari egyetemi hallgatók részére készült tankönyvként. Jelen munka a műszaki felsőoktatáson túlmenően a gyakorlatban működő üzemmérnökök és tervező mérnökök igényeit is kielégíti, és mint gépészeti lexikont minden szilikátipari szakember kitűnően használhatja.

A munka tankönyvjellegére való tekintettel részletesen taglalja a szilikátipari gépek és berendezések szerkezetét és számítási alapelveit, s csaknem minden tételnek és képletnek a levezetését is ismerteti. A gyakorlat és a tanítás követelményeit szolgálják a beiktatott számpéldák, valamint az üzemi és tervező mérnökök tájékoztatására szolgáló különböző táblázatok.

A könyv *I. része* a nyersanyagkitermelő berendezésekkel foglalkozik. Részletesen ismerteti a különböző fűróberendezések alkalmazási területeit és a fűráshoz szükséges energia kiszámításmódját, valamint a külszíni fejtéshez használt berendezéseket. A kotrógépeket az egy kotróédényes kotrógépek tárgyalásával kezdi. A különböző kotróédények, úgymint hegybontó, markoló, vonóköteles puttony működésének leírása után az egy kotróédényes kotrógép teljesítményének meghatározására, az üzembhelyezés és karbantartásra vonatkozó tudnivalókat, továbbá az exkavátorokkal történő bányamunka jellemzőit: a munkaciklus számadatait, talajlazítási és töltési együtthatók értékeit ismerteti. A serlegsoros kotrógépek szerkezeti elemeinek leírása után a teljesítmény meghatározásához szükséges számításokat, a forgóserleges kotrógépek, majd a talajnyesők működésére vonatkozó és energiaszükségletük meghatározásához szükséges adatokat közli.

A mind nagyobb tért hódító hidromechanikubányászati mód alkalmazási területét és a vízszugár- és szerkezetét ismerteti, és a berendezés számítására, a fajlagos vízfogyasztás megállapítására közül gyakorlati adatokat.

A *II. rész* az aprítás és őrlés rendeltetésének és technológiájának elméletével kezdődik. Az aprítás elmélete két alapvető hipotézisből áll: 1. a *felületi*, melyet Rittinger javasolt 1867-ben, 2. a *térfogati*, melyet Kirpicsev állított fel 1874-ben. Utóbbit a külföldi irodalomban helytelenül „Kick-hipotézisnek” nevezték. Kick hipotézisét 11 évvel később állította fel, mint ezt Karmiszenszkij 1949-ben bebizonyította.

Rittinger szerint az aprításra felhasznált munka arányos a keletkezett felülettel. Kirpicsev térfogati hipotézise értelmében — melyet ő tudományosan megalapozott és bebizonyított, és amely éppen ezért lényegében nem hipotézis, hanem tétel — az a munka, amely anyagilag egynemű és geometriailag hasonló testek arányos alakváltozásához szükséges, arányos test térfogatával vagy súlyával. Kirpicsev térfogati hipotézise annyira termékenynek bizonyult, hogy annak alapján sikerült először a szovjet tudósoknak és mérnököknek (Levenszon, Romagyin) a pofástörők, majd a hengeres- és kúpostörő mechanikáját megteremtteni. A zúzó- és őrlőgépek osztályozása Levenszon professzor szerint működésük és szerkezetük szerint a következőképpen történik:

Pofástörő: az aprítás az álló- és az ingamozgást végző zúzópofák között megy végbe.

Kúpostörő: az anyag két kúp között nyomódik szét, a belső kúp a külsőhöz képest excentrikusan mozog.

Hengeres törő: az anyag aprítása szétnyomással és koptatással történik; a koptatást a hengerek fordulatszámának különbsége idézi elő.

Görgőjáratok: az anyag aprítása a forgó őrlőhenger és a rögzített vagy mozgó őrlőtányér között történik.

Dezintegrátorok: ütéssel működő gépek, melyeknél az ütést a gyorsan forgó tárcsákra mereven illeszkedő pálcák végzik. Egy és két forgórészes kalapácsos törők, melyeket zúzásra és durva őrlésre egyaránt használnak.

Dobmalmok: finom őrléshez használják; ütve, részben koptatva működnek szabadon eső testek segítségével, melyek a gép forgó dobjában foglalnak helyet az aprítandó anyaggal.

A centrifugális malmokban az anyag a rögzített gyűrű és a gyorsan forgó görgők között nyomódik szét.

Valamennyi aprító- és őrlőberendezés-típusnál a könyv tárgyalási menete a következő:

Megadja a berendezés típusfelosztását, szerkezeti leírását, a behúzási szög meghatározását, az őrlőberendezés lengési, illetve fordulatszámának optimális értékét, továbbá a konstrukciós és energiaszükségleti számításait, üzemi adatait, az adagolás és ürítés módját.

Így a téglaiipar szempontjából nagyjelentőségű hengerművek befogási szögének meghatározására a hengerátmérő és a zúzandó test közötti viszonyra a következő adatokat tartalmazza:

Az őrlendő anyag és az őrlő henger közti viszonyszám agyagőrlés esetén $D:d$, a finomhengernél 10, kemény anyag esetén 17-re választandó. Fogashengereknél 2—6.

A hengerek megengedhető fordulatszáma Levenszon szerint $n = 616\sqrt{f}\gamma d D$, ahol f az anyag és henger közti súrlódási tényező, melyet 0,2-re ajánlatos venni, γ = az anyag fajsúlya kg/cm^3 , d = az őrlendő anyag, D = a henger átmérője cm-ben.

Az így kapott értékeket ajánlatos 20—30%-kal alacsonyabbra venni. A hengermű teljesítménye $= 188 \cdot K \cdot L \cdot d \cdot D \cdot n \cdot \text{m}^3/\text{óra}$, ahol K az anyagtól függő lemaradási tényező, finomhengernél 0,5—0,75.

A fentiekből láthatjuk, hogy ha nagy agyag-rögöket akarunk finomőrlésnek alávetni, úgy két vagy három fokozatban kell végeznünk az anyag feldolgozását.

A másik általánosan használt kerámiai zúzógép görgőjárat, ahol a görgőátmérő és az őrlemény szemeseátmérője közti viszony bányanedves agyagnál $D:d = 7$; a fordulatszámot $n \cong 20/\sqrt{R}$ ajánlja választani. Így pl. egy 1800 mm \varnothing görgőkkel ellátott koller járat fordulatszám, ha középsugara 0,7 m, $n = 20/\sqrt{0,7} = 23,9$ fordulat/perc.

Különös gondot kell fordítani a rostélynyílások elhelyezési módjára, melyet 16—20° szög alatt javasol kiképezni.

A III. részben a rostáló-, kiválasztó- és osztályozógépek leírását találjuk. A különféle rosták

és sziták ismertetése után a szél-osztályozók elméletével, szerkezetével, végül a hidraulikus és mágneses osztályozóberendezések leírásával foglalkozik.

A IV. rész a gépek etetését végző adagoló- és mérőberendezések ismertetését és összehasonlítását adja. Ismerteti a különféle automatikus vezérlőberendezéseket is.

Az V. részben a keverék-, iszap- és kerámiamasszák elkészítésére szolgáló gépek és berendezések leírását találjuk. A durvakeramiai iparban használatos egy- és kéttengelyes keverő ismertetése után a szakaszos keverőkkel, a könyöktengeyes keverővel, valamint a samottiparban elterjedt ellenáramú keverőkkel foglalkozik.

A nedves keverőknél foglalkozik a keverőlapátok elméletével, sebességének kiszámításával, a finomkerámiai iparban használatos propellerkeverőkkel, azok teljesítmény-meghatározásával. Külön fejezetben tárgyalja a cementiszap-keverőket.

A VI. részben a kerámiai iparban alkalmazott szakaszos működésű szűrősajtókat, továbbá a cementipar folytonos működésű tárcsás szűrőit, valamint az ezzel kapcsolatos szivattyúberendezések leírását találjuk.

Az általános tudnivalók ismertetése után a szűrősajtók teljesítményét befolyásoló tényezőkkel, szerkezeti méretekkel, a szűrési idő helyes megválasztásával foglalkozik. A szerző kísérleteinek eredményeit, a szűrési görbék alakulását különböző nyomásoknál, diagrammban tünteti fel.

A VII. rész az agyagmasszák képlékeny alakítására szolgáló gépekkel és berendezésekkel foglalkozik. A sajtoló berendezéseket szerkezetüknek megfelelően három csoportban tárgyalja:

1. csavarlapátos szalagsajtók,
2. csavarlapát nélküli sajtók,
3. alakító sajtók.

A felsorolt sajtótípusok közül a legelterjedtebb csavarlapátos szalagsajtóval foglalkozik a legrészletesebben. Behatóan tárgyalja a csigasajtó és vákuumsajtó konstrukciós számításait; a csigalapát szerkezetének helyes kiképzésével, a sima, kúpos és lépesős hengerbélés megfelelő megválasztásával elérhető eredményeket. A csavarvonal legmegfelelőbb szögének értékét ugyanúgy határozza meg, mint az anyásavasárnál. A csavarvonal emelkedési szöge nem lehet nagyobb a súrlódási szögnél. Az anyag és a fém közötti súrlódási együttható 0,4—0,6 között van; ebből a súrlódási szög 22—31 fokra adódik. A gyakorlatban az emelkedési szöget 17—18 fokra választják biztonsági okokból. A présfej helyes kialakításánál az ellenállás csökkentésére (víznedvesítésű présfej, betétek alkalmazása) és a szájnnyílások méretezéséhez nyújt komoly segítséget az üzemek műszaki dolgozóinak.

A vákuumsajtó szerkezeti ismertetése után a csigasajtóban fellépő fajlagos nyomás meghatározására vonatkozó számításokat tárgyalja. A fajlagos nyomás a présfej és a szájnnyílás hosszától, a présátmérőtől, az agyag nedvességtartalmától

függ. A présfej hosszának 25—30%-os növelése a fajlagos nyomást 6—7%-kal emeli. Ugyanakkor a szájnylás hosszának 20—30%-os növelése a fajlagos nyomás 10,5%-os emelkedésével jár. A sajtolás fajlagos nyomásának függését az agyag nedvességétől diagrammban ábrázolja a szerző. Ebből leolvashatjuk, hogy mily rohamosan emelkedik a fajlagos nyomás a nedvességtartalom csökkentése esetén.

A VIII. rész a 8—10% nedvességtartalmú poralakú anyagokból készült gyártmányok előállítására szolgáló préseket tárgyalja. Az utolsó évtizedben a Szovjetunióban a falazótéglák felszárz sajtolása jelentős fejlődésnek indult, és a Szovjetunió ezen a téren mind a gyártási mennyiség, mind a műszaki felszerelés tekintetében első helyre került a világon. Különösen az utóbbi időben fejlődött erősen ez az iparág, amikor a szovjet feltalálók (Melija, Lenszkij, Riskov) új, eredeti szerkezetű és nagyteljesítményű sajtókat alkottak. A sajtolás általános elmélete után ismerteti a különféle kerámiai excenter-, frikeiós és hidraulikus préseket, a nagyteljesítményű présautomatákat, mint az SzSzSzM 583. rotációs prést, az A. A. Melija, az F. D. Riskov és B. Sz. Lenszkij rendszerű préseket. Míg a külföldi cégek sajtóinak órateljesítménye 2000—2400 db/óra, fajlagos energiafogyasztásuk 8—15 lócrő, addig a szovjet feltalálók által szerkesztett prések teljesítménye 3—5-szörös, fajlagos energiafogyasztása 2,5—3-szor kisebb.

A IX. rész a szilikatéglá, a dinasz, a cementkeverékek brikettezését végző revolver-sajtókat tárgyalja. Itt is a szabványosított préstípusokat ismerteti, mint a „Szilikát 16” és az „Sz. P. 2.” rendszerűt.

A X. részben az utánpréselő berendezéseket, a csatornázási csövek és tetőcserepek formázását végző berendezéseket írja le. A Szamarin-féle sajtót, a Sztromszoj-masina vízszintesen

működő sajtóját, ugyanezen rendszerű, de után-sajtoló körhagyó-sajtóját, az agyagcserepet gyártó sajtók közül a szalag-, a szánsajtót és a revolver-sajtót ismerteti.

A revolver-sajtók abban különböznek a nálunk használt hasonló préstípusoktól, hogy automatikus tisztítóberendezésük van és a cserép kialakítását nem egy ütemben, hanem két lépcsőben végzik.

A csatornázási csöveket gyártó gépek közül a függőleges tengelyű csavarlapátos, valamint a dugattyús gőzsajtókat ismerteti.

A XI. részben az automatikus vágóberendezések, mint az SzM. 38-típusú automata részletes ismertetését találjuk, mely géptípus az általunk gyártott téglalevágó automatákhoz hasonlít. Ismerteti továbbá a Keller-féle teljes automatákhoz hasonló kivitelű és működésű teljesen önműködő Rosztromprojekt-féle vágóasztalt.

Végül a 10 000—12 000 darab/óra teljesítményű prések kiszolgálásához alkalmas rotációs vágóasztal leírását tartalmazza, melynél 10—23 db. téglalevágása egyidőben történik.

Az önműködő cseréplevágó asztalok ismertetése után a téglagyarak anyagmozgatását végző különféle Keller-rendszerű szállítóberendezések és felvonók ismertetésével fejeződik be a könyv.

Mindegyik rész, minden fejezet igen részletesen, elméletileg és gyakorlatilag egyaránt kielégítően tárgyalja a kérdéseket, ezért a könyv igen széles körben használható és igen alkalmas arra, hogy egyes fejezeteit a művezetők képzésénél felhasználhassuk. A könyv döntő mértékben hozzájárulhat ahhoz, hogy műszaki vezetőink és műszaki kádereink az egyes berendezések teljesítményadatait jól felhasználva, a könyvben leírt műszaki szempontokat hasznosítva, a gépállás-órák és a meghajtó energia nagymértékű csökkentését érjék el.

Kőtároló silók befagyás elleni védelme

Ismerteti: G A Á L I M R E,
A 4. IPARTERV közleménye

A gépesített kőbányaüzemekben az osztályozott követ silókban tárolják, amelyek sok esetben a 8 órás termelés tárolására alkalmasak és újabban vasbetonból készülnek. A bányában lévő silók az egyes frakcióknak megfelelően többrekeszes kivitelben épülnek, amelyekből a követ ürítőberendezésen keresztül kötélpályacsillékbe, vagonokba vagy egyéb szállítóeszközökbe töltik.

A bányákon kívül a követ felhasználó egyes üzemekben is létesítenek kőtároló silókat, azonban ezek általában egyrekeszesek.

Téli időszakban fagyponthoz alatti hőmérsékletnél gyakran előfordul, különösen a 0—30 mm szemnagyságú anyagnál (főleg a cementgyárak részére kiválasztott egyszer tört minőségűnél), hogy éjszakai üzemszünetek vagy munkaszüneti napok alatt a tárolt kő befagy a silóba, és üzemkezdetkor az ürítést lehetetlenné teszi.

A tervszerű termelés, amely az évszakokra tekintettel nem lehet és az idényjellegű üzemeltetést nem engedheti meg, ezeket az akadályokat le kell küzdi. Ilyen esetben a siló alatt rakott tüzzel és rudakkal való bolygatással ilyekeznek az ürítést lehetővé tenni. Ez az egyszerű módszer általában célra vezetett, azonban sok esetben órákig tartó, fáradságos munkát igényelt, ami az üzemindítást késleltette. Kirobbantással is folytak kísérletezések, de ez több esetben baleset okozója volt.

Ezért az iparág a 4. IPARTERV ilyenirányú tervezéseivel azzal az igénnyel lépett fel, hogy a kőtároló silókat olyan műszaki megoldással tervezze meg, hogy azok fagyveszélyes időben zavartalanul üzembehelyezhetőek legyenek.

A feladat irodánkat régebbi idő foglalkoztatja, de gyakorlatilag kivitelezhető megoldást nem találtunk. Megbízásunkból a KÖZÉPTERV mint altervező is készített befagyás elleni védelemre tervet, de a Tervvéleményező Tanács ezt sem minősítette kielégítő megoldásnak.

Ezért irodánk nyilvános, jelíges tervpályázatot írt ki „Kőtároló vasbeton silók téli fagyveszély esetén való fűtésé”-re, amelyre 36 pályázat érkezett be.

A Bíráló Bizottság egyhangú határozattal az I. díjat nem adta ki, mert megvalósításra módosítás nélkül alkalmas tervpályázat nem érkezett be.

A nagy érdeklődésre való tekintettel folytatólagosan kívánjuk közölni az értékelt pályázatokat sorrendiségre való tekintet nélkül, de azok terjedelmére való tekintettel csak kivonatosan. Célunk a kérdésnek nagy nyilvánosságot biztosítani, mert ez a probléma más iparágakban is jelentkezik igényként. A kivonatos, de a lényegét teljesen magában foglaló közleménnyel ismertetni kívánjuk azokat a műszaki elgondolásokat, amelyeket a pályázók alkalmaztak, és amelyek alkalmasak a lapunkhoz beérkező, bizonyára nagyszámú hozzászólás alapján továbbfejlesztésre,

tökéletesítésre vagy új műszaki megoldások létrehozására.

Az alábbiakban ismertetjük Pádly Iván okl. gépészmérnök és Sasvári György okl. vegyész-mérnök pályázatát.

PÁDLY IVÁN MEGOLDÁSA

1. A fűtési mód megválasztására vonatkozó megfontolások

A megoldandó kérdés régi problémája a kőfeldolgozó iparágaknak és a kőbányáknak. A téli fagy beálltával a havas, jeges kő a silókban szinte szétcsúszhatatlan tömeggé fagy össze. A kő kieresztése a silóból ilyenkor csak igen nagy nehézségek árán valósítható meg, s a veszélyes, nehéz munka, amit ennek érdekében végezni kell, nem egyszer halálos áldozatot követel. Sokféle módon kísérelték már meg a befagyás megakadályozását, azonban műszakilag elfogadható megoldást ez ideig még nem találtak.

Vizsgáljuk meg mindenekelőtt a legkézenfekvőbb s részben már ki is próbált lehetőségeket. Ilyen gőz- vagy vízfűtésű csöveknek a siló falán belül vagy azon kívül való elhelyezése. Az elsőnek alkalmazását nyilván az akadályozza meg elsősorban, hogy a fűtőcsöveket a kő nyomása tönkreteszi. A silófalán kívül elhelyezett fűtőcső fűtőteljesítménye igen rosszul van kihasználva, mert a cső zömme csak a silófal szomszédságában áramló levegőt melegíti, s a leadott melegnek csak igen kis része juthat a siló falába, még kevesebb a silóban tárolt anyagba. Az átadott hő pedig különben is igen csekély a levegő rossz hőátadási tényezője miatt.

Felmerülhet annak a lehetősége is, hogy a silót kettős fallal képezzük ki, és abban megleghordozó közeget — levegőt — áramoltassunk. Ennek a megoldásnak kalorikus hátrányai ismét a levegő rossz hőátadásában jelentkeznek, ami a beton rosszabb hővezetésénél fogva még kedvezőtlenebbé teszi a viszonyokat. A másik hátrány ismét az, hogy a leadott melegnek tekintélyes része a silót környező levegőnek adódik át.

További lehetőség gyanánt merül fel a silónak elektromos energiával történő fűtése ugyan csak a siló falától kiindulólag. Hazai viszonylatban az elektromos energia drága volta miatt, de az alább ismertetett egyéb okok miatt is, ezzel a lehetőséggel sem foglalkozunk érdemben.

Az eddig említettek kivételével ugyanis esetünkben a silófalról történő fűtés további hátránya, hogy a kőn belül rossz a hőátmenet, és pedig annál rosszabb, mennél kevésbé aprított a kő, azaz mennél több levegő szorul a szemcsék közé. Ilyen módon talán még a silófal környezetében sem sikerül a követ „melegen tartani” a roppant kötőanyag igen nagy hőkapacitása miatt.

Mindezekon felül ha sikerülne is a silófalról történő fűtés esetében — nyilván igen nagy mennyiségű melegbordozót alkalmazva — a kővel bejutott havat és jeget megolvasztani, a keletkezett igen nagy mennyiségű víz a siló alsó kiszolgáló részét elárasztással fenyegetné.

Hátra volna még a kő összefagyása vegyi úton való megakadályozásának lehetősége. Ezt részint az alkalmazandó vegyi anyag — pl. só — vélhetőleg nagy mennyisége és ennél fogva tetemes üzemeltetés miatt, részint azon káros vegyhatások miatt kell elvetnünk, amit az alkalmazott vegyi anyagoknak a cementbe, mészbe stb. való jutása okoz.

A fentebb felsorolt hátrányok nem, vagy csak kis mértékben állnak fenn az esetben, ha a siló befagyás elleni fűtésére a *meleg levegő befűtésében* rejlő lehetőséget választjuk. Ez esetben ugyanis a hőátmenetet nem bízunk a kőtömeg hővezetésére, hiszen a levegő közvetlenül, s többé-kevésbé egyenletesen fejti ki hatását. Ez a hatás — mint alább kitűnik — rendkívül összetett, ennél fogva a befűtött levegő állapotának változása az idő függvényében igen bonyolult, ami a méretezést sajnos elég bizonytalanná teszi. Ez ennek a választott megoldásnak egyik hátránya. A másik hátrány az igen aprószemcsés, agyagos, nedves kőnek nagy ellenállása, ami a *tetszésszerűen nagy* mennyiségű meleg levegő átmozgatását hiúsítja meg. Nem kétséges azonban, hogy olcsó, és a legmegfelelőbb megoldásnak mutatkozik, ha megoldható a *kimutathatóan elégséges* mennyiségű meleg levegőnek az átvezetése.

A siló alsó, kúpos részén bevezetett meleg levegő — a feltevés szerint — 15 °C hőmérsékletű — kőtömeg szemeséi közé jutva lehűl. Ennek közvetlen oka, hogy

1. a levegő a kő között lévő havat és jeget — mint a kőszemcsék felületén elhelyezkedő olyan legkülső réteget, amely a meleg levegővel közvetlenül érintkezik — az olvadáspontra melegíti;

2. a jeget felolvasztja, miközben annak hőmérséklete az olvadásponton állandó;

3. közben a jég felületén keletkező víz-hártyát a meleg és telítetlen levegő egyre fokozottabb mértékben párologtatja, s végül

4. — természetesen csak a legalsó, ennél fogva mindig friss meleg levegővel érintkező rétegekben — a felszíni nedvesség teljes mennyiségben való elpárolgása után a meleg levegő a száraz kőszemcséket melegíteni kezdi. E felmelegedés mértékének nyilván a frissen érkező levegő hőmérséklete szab határt.

Az időrendben felsorolt fizikai jelenségek természetesen nem következnek be a rendelkezésre álló véges — a siló üzemszünetjének a kiírás szerint 10 órás — időtartama alatt a kőtömeg teljes magasságában, bár kétségtelen, hogy a levegőnek e hatásai idővel előbbre haladnak egyre feljebb és feljebb fekvő rétegekbe. Valószínűnek látszik tehát, hogy addig, amíg a befűtés helyén száraz, meleg követ fogunk találni a fűtés 10 órás idejének végén, a siló legfelső

rétegének hó- és jégtartalmát korántsem sikerült megolvasztani. A tapasztalat azonban azt mutatja, hogy elegendő a befagyott silónak csupán az alsó kúpos vagy gúla alakú terében lévő követ „megereszteni”, a felső hengeres vagy hasáb alakú térben már könnyen megmozdul az összefagyott kő, s abban az ürítéshez elegendő mértékben következnek be repedések.

Vessünk egy pillantást — minden számítás nélkül — a levegő melegtartalmának ráfordítására mennyiségi megoszlás tekintetében. A jég és kő kis fajhője (0,2—0,5 kal/kg, °C) szembeállítva az olvadáshővel (80 kal/kg) és a párolgáshővel (0 °C-on 597 kal/kg), azonnal nyilvánvalóvá válik, hogy a levegő melegtartalmának tekintélyes része fordítódik a nedvességtartalom állapotának megváltoztatására. A jég felolvasztása e hatások közül kifejezetten célunk, tehát a melegtartalomnak erre fordított része szempontunkból nem vesztés. Nézzük meg, hogy állunk a nedvesség elpárologtatására fordított melegmennyiséggel, ami után a kő „száritása” nem célunk.

Nem kétséges, hogy a nedvesség elpárologtatására a levegő meleget ad le, miközben lehűl. Mivel azonban a keletkező párát magával is viszi feljebb fekvő rétegekbe, melegtartalma nem változik, hanem csak hőmérsékletének csökkenése közben telítődik, de állandó melegtartalommal. Ennek a melegtartalomnak egyre nagyobb részét találjuk rejtett meleg formájában felhalmozva a felfelé áramló levegőben, és egyre kisebb részét képezi ennek a levegő és a vízgőz kis fajhőjével arányos ún. n. érezhető meleg. A levegő felfelé haladtában tehát telítődik vízgőzzel, ettől kezdve nem párologtat, sőt egy bizonyos magasságban eléri az egyre hidegebb kőréteg hűtőhatása folytán a harmatpontját. Ezután tovább hűlve a lejjebb felvett nedvességtartalmát kiesapja, miközben ismét felszabadul a lejjebb párolgás közben felvett rejtett meleg. Az így felszabaduló melegmennyiség ismét jég olvasztására — illetőleg még feljebb fekvő rétegekben annak olvadáspontig történő felmelegítésére — fordítódik. Számítás nélkül is belátható tehát, hogy a bevezetett hő zömben milyen célra kényszerül felhasználódni.

Szemügyre kell azonban vennünk, hogy mi történik a vízzel, amely a harmatpontja alá hűlt levegőből csapódik ki. Az a vízmennyiség, amely 0 °C-nál már magasabb hőmérsékletű rétegekben válik ki, mindaddig, amíg felületi feszültsége megengedi és az ellenáramban felfelé törő levegő súrlódása ehhez hozzásegíti, helyét nem változtatja. Bizonyos rétegvastagság elérése után azonban megkezdődhet egy kialakult folyadékfilm lassú lefelé áramlása egyik szemcséről a másikra. Ennek során a folyadék részecskéik nyilván eljutnak az alsó rétegekben lévő, már felmelegedett kő közé, ahol ismét párolgásnak indulnak. Ezzel — minthogy párolgásukhoz szükséges meleg egy részét magából a kőből vonják el — a követ hűtik. A vízgőzzé vált folyadék ezután ismét feljut a levegővel, most már azonban nyilván egy magasabb rétegbe, mivel időközben a leírt

folyamat magassági értelemben is előbbre haladt. Ez utóbbi állításnak a magyarázata abban rejlik, hogy a levegőben felfelé haladó vízgőznek egy másik része oly magasra jutott fel, ahol a kő hőmérséklete még a fagypontra alatti. Az ebben a rétegben kicsapódó folyadék rejtett melege másra nem fordítható, mint a jég olvadáspontig történő felmelegítésére és annak felolvasztására, mivel párolgásra a levegő telítettségénél fogva nem kerülhet sor, a kő pedig csak a már felolvadt jégből keletkezett vízzel együtt melegedhet.

Ilyen módon jutunk feladatunk megvalósításához, nevezetesen a minél nagyobb jégmennyiség megolvasztásához. Annak oka, hogy a méretezés — elsősorban a levegőmennyiség megállapításának — alapjául nem a siló teljes tartalmának a felmelegítéséhez szükséges meleget választjuk, fentiekből tehát nyilvánvaló. Hogy mennyire túllónánk a célon, bizonyítsa az alábbi közelítő számítás.

Feltéve, hogy a kiírás szerint maximálisan 8% a kő nedvességtartalma, és ennek mintegy 60%-a — tehát az összes nedvességből 5% — az ú. n. felületi vagy szabad nedvesség, feltéve továbbá, hogy a szabad nedvesség teljes egészében hó és jég formájában kerül a silóba, lévén a jég fajhője 0,5 kal/kg, °C, a —15 °C-ról az olvadáspontig történő jég-felmelegítéshez szükséges fajlagos — 1 kg kőre vonatkoztatott — meleg mennyisége:

$$1 \cdot 0,05 \cdot 0,5 \cdot 15 = 0,375 \text{ kal.}$$

Az 1 kg kőben lévő jég megolvasztásához szükséges fajlagos meleg mennyisége:

$$1 \cdot 0,05 \cdot 80 = 4,0 \text{ kal.}$$

Az 1 kg kő száradás utáni felmelegítéséhez szükséges fajlagos melegmennyiség pedig, ha a fajhőt 0,2 kal/kg, °C értékkel vesszük számításba, és feltesszük, hogy a kő a 100 °C hőmérsékleten befűtatott levegő hőfokára melegszik fel —15 °C-ról, lesz

$$1 \cdot 0,95 \cdot 0,2 \cdot 115 = 21,8 \text{ kal.}$$

(Mivel az elpárolgás és lecsapódás — mint láttuk — a rendszeren belül váltakozik, a nedvességtartalom rejtett melegét nem vesszük számításba.)

Az egymástól el nem választható fizikai folyamatok fajlagos hőszükséglete tehát:

$$0,375 + 4,0 + 21,8 = 26,175 \text{ kal/kg kő.}$$

Ennek a melegmennyiségnek

$$\frac{4,0 \cdot 100}{26,175} = 15,3\% \text{-a}$$

fordítódik tehát csupán a tulajdonképpeni célra, vagyis jég olvasztására.

Visszatérve annak vizsgálatára, hogy mit eredményezne, ha a melegsükségletet azon az alapon próbálnánk meghatározni, hogy a siló tartalmát egy előírt hőmérsékletre akarnánk felemelni, a siló kő súlyát kellene megszoroznunk a 26,2 kal. fajlagos értékkel. Felesleges hangsúlyoz-

nunk, hogy a nyert eredmény a feladat megvalósíthatatlanságára mutatna.

Az eddig elmondottak alapján a zavartalan üzemkezdést biztosítását célzó silófűtés megvalósítására meleg levegőnek a kő közé történő befűtését választjuk. A meleg levegő mennyiségének megállapítására vonatkozó számításokat a berendezés műszaki leírása után közöljük, e helyen ehhez a kérdéshez csak egy megjegyzést fűzünk. Ez pedig annak előrebocsátása, hogy az átmozgatott levegőmennyiséget egy számbajöhető ventilátor teljesítőképessége és a „kőoszlop“ ellenállása alapján állapítottuk meg. A fent közölt fajlagos hőfelhasználás csupán mennyiségi ellenőrzésre fog szolgálni. Annál is inkább ezt az utat kellett alapos elmélyülés után választanunk, mivel a befűtatott meleg levegő állapotának — tehát hőmérsékletének és nedvességtartalmának — változása az idő függvényében rendkívül bonyolult függvénykapcsolatban jutna kifejezésre. A megoldásra vezető kétszemeretlenes parciális differenciálegyenletrendszer felállítására és a megoldások megkeresésére pedig a rendelkezésre álló idő messze kevés.

2. Műszaki leírás

A silófűtés üzemeltetésére nézve a kiírás 3. és 4. pontja szolgáltatja a kiindulást. A tervezés alapjául az a tény szolgált, hogy a siló napi 14 órán át van üzemben, amely idő alatt a kő állandó mozgásban lévén a siló fűtése nem szükséges. A napi további 10 órán át szünetel a siló töltése és ürítése, a benne lévő kötélem mozdatlan, legnagyobb a veszély a befagyásra.

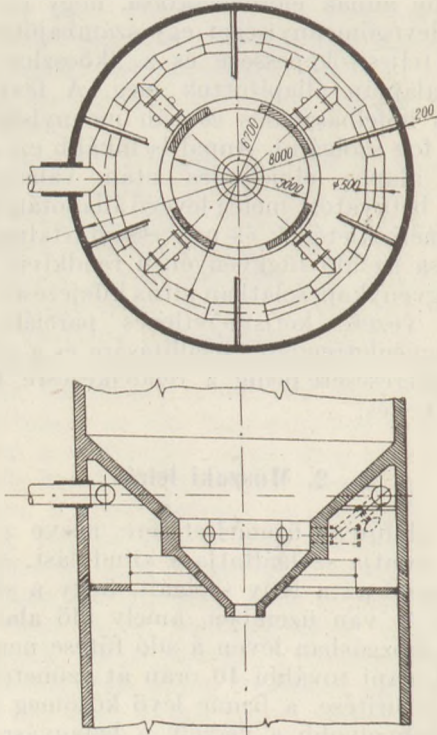
Az alább ismertetett fűtőberendezés tehát napi 10 órán át van üzemben, és a vele szemben támasztott üzemi követelmény az, hogy ezen idő végén akadálytalan legyen az üzemkezdés.

A berendezés egyik lényeges alkatrésze a siló +19,40 szintjén elhelyezett nagynyomású ventilátor, amely a silóban lévő kőoszlopon át meleg levegőt szív. A ventilátor teljesítőképessége 27,200 m³/óra, és Δp = 450 mm V. o. nyomáskülönbség. A ventilátor a +22,30 szinten lévő podeszt, illetve az erre vezető lépcső alatt helyezkedik el, tehát a +19,40 szinten még elhelyezendő portalanító berendezésnek és a vibrátornak nincsen útjában. Szívócsonkjára a +19,40 szint földmájén keresztül csatlakozik a silótérhez, míg nyomócsonkjára a silón átszívott levegőt az erre a szintre falazott téglafalon át vezetett csőbe, azon keresztül a szabadba nyomja.

A nyomócsonk vízszintes és a kürtő függőleges szakaszának találkozásánál a szokásos hegesztett könyök helyett vízleválasztó zsákot iktattunk közbe. Ez kúposfenékű edény, amely alul kifolyónyílással van ellátva, hogy a víz ki tudjon csurogni. Ez az edény azért szükséges, mert a vízgőzzel telített levegőből a függőleges kürtőben nedvesség kicsapódása várható, amelynek nem szabad visszafolynia a ventilátorba.

A ventilátor célszerű üzemének feltétele, hogy a silóba a meleg levegő bevezető nyílásain

kívül sehol másutt levegő ne juthasson be. Elvégből a vibrátor alatt kiképzett nyílás a fűtési időtartamára lezárandó. Ez akár egyszerű fedőlemezek ráhelyezésével és rögzítésével is megvalósítható, azonban kiszolgálás tekintetében sokkal praktikusabb az az elgondolás, ami a műszaki terven is fel van tüntetve. Ez lényegében a nyílás keretébe állandó jelleggel beépített olyan



1. ábra

rostély, amelynek rostélylemezei vízszintes szimmetriatengelyük körül 90° -kal elforgathatók. Könnyen megoldható, hogy az összes rostélylemez egyetlen karnak az átrántásával egyszerre foglaljon el függőleges vagy függőlegesebből vízszintes helyzetet. Így a fűtés időtartamára a vibrátor alatti nyílás könnyűszerrel elzárható. A rostélyra csak a vibrátorral kerülhet kő, azaz annak lemezei között csak osztályozott (0—30 mm) kő jut át. A rostélylapok tengelyei tehát egymástól 30—40 mm távolságra legyenek, s a rostélylemezek szélessége akkora, hogy azok vízszintes helyzetbe hozatalukkal a nyílás felett fedelet alkossanak. Nedves, sáros követ amúgysem lehet a vibrátorra vezetni, tehát téli nedves időben, amikor a siló fűtése szükségessé válhat, semmi akadálya nincs a vibrátor alatti nyílás elzárásának. Ilyenkor a vibrátor megkerülésével kell a szalagon a $+23,40$ szintre érkező követ a silóba juttatni. Erre a célra szolgál a vibrátor előtt levezetett függőleges surrantó, amelynek váltóvalve irányítja a követ közvetlenül a silóba, vagy osztályozás céljából a vibrátorra. Természetesen a fűtés ideje alatt nemcsak a vibrátor alatti nyílás zárandó el, hanem ennek a függőleges surrantónak is légmentesen zárva kell lennie a külső levegőtől. Ez jól tömített egyszerű tolóappal valósítható meg.

A silón átszívott meleg levegő bevezetésére a kúpos silófenék körgerendáján kialakítandó köralakú nyílások szolgálnak (1. ábra). A négy nyílás a gerendát alátámasztó szegmens-pillérek felett üti át a gerendát, ami szilárdsági szempontból kedvezőbb, mint ha a nyílásokat a fősíkokban helyeznénk el. A nyílásokba a fenékekkel párhuzamos esésű 4 db hegesztett vaslemezeső csatlakozik. A bevezető könyök a siló alapfala felé néző egy-egy nyílással van ellátva, amelyeket rendes körülmények között vaslemezzel és tömítéssel elzárunk. Ezek kinyitására csak akkor kerül sor, hogyha ellenőrizni akarják, hogy a bevezetőnyílás nincsen-e eldugulva kővel. Ezek a nyílások a $\pm 0,0$ szinten — az eredeti tervtől eltérőleg — körülfutó 1 m széles függőfolyosóról kezelhetők. Dugulás esetén ugyaninnen tisztíthatók vagy vasrúddal hozzáférhetők. A dugulás megakadályozására szolgálnak a bevezetőnyílások felett a betonkoszorúba betonozott acélernyők, amelyeknek lejtése a siló fenekével megegyező. Az ernyőket alátámasztó konzolok megfelelő szilárdságúra méretezendők, hogy azok a kő nyomásának és dinamikus hatásoknak ellenálljanak. Maguk az ernyők 15—20 mm vastag acéllemezből készüljenek, és elkopásuk esetén cserélhető módon legyenek a konzolokra erősítve. Ezek az acélernyők további célt is szolgálnak, és pedig azt, hogy a vízszintes, sugárirányban befűvott levegőáramokat a befűvás síkja alatti „zsákba” is tereljék. A befűvőkönnyökök kezelőnyílásainak fedelét csap körül billenthető ú. n. csuklós lezorító csavarokkal szorítjuk a hegesztett karimára, amelyen éppúgy, mint a fedélen a billenő csavarorsó számára hasítékok vannak. Ezzel a megoldással a nyílás fedelének gyors és könnyű eltávolítását tesszük lehetővé.

A befűvővezetékek a meleg levegőt a silófenék alatt körülfutó, hegesztett körvezetékbe kapják. A körvezeték elágazásához közelebb eső 2 db. befűvőcsövet tolózárral kell ellátni, hogy ezzel gondoskodni lehessen a meleg levegő egyenletes beáramlásáról mind a négy befűvőn keresztül. A körvezeték 6 db. sugárirányú szegletacél konzolra támaszkodik, amelyek a siló kúpos fenéke és alapfalába vannak bebetonozva. A körcsatorna a szegletacél tartókra csavarozott acélpántok segítségével van centrikus helyzetében rögzítve. Az acélpántok és a cső közé minden alátámasztás helyén azbeszt szigetelő zsinórt vagy szalagot kell helyezni. A körvezeték és az ebből leágazó 4 db. befűvőcső nincsen szigetelve. Ez azért van, hogy a csőrendszer fűtse a silófenék körül elhelyezkedő levegőt. A körgyűrűszerű térben rekedt levegő hőmérséklete ugyanis — mivel a csőben 100°C hőmérsékletű levegő áramlik — nem érhet el olyan magas értéket, ami a vasbetonszerkezetre káros lehetne, viszont nagy segítségünkre van abban, hogy a vasbetonfenéken keresztül a silófenékben lévő az a kő mennyiség is melegíttessék, amely — éppen az acélernyők lefelé terelő hatása folytán — a közép felé terelt levegő áramlási útjából nagyrészt kiesik. A körcsatorna 5 mm-es vaslemezből hegesztett kivitelben készül.

A 100 °C hőmérsékletű és kereken 32 500 kg/óra mennyiségű meleg levegő előállítására egy kézi tüzelésű, ferderostélyű tüzelőberendezésben történik. Ennek kürtőjéből a +2,30 m tengelymagasságban vezetett, vízszintes vaslemezcsövön át jut a levegő a siló alatti körszatornába. A tüzelőberendezés közvetlenül a siló mellett épül, a fentemlített összekötő cső tehát mindössze kb. 3 m hosszú. A falazott kürtő és a vízszintes összekötő vezeték csatlakozásának helyén vaslemez terelőcsappantyút alkalmazunk, amelynek kezelését ellensúly könnyíti meg. A terelőlap a fűtés üzeme alatt a felmelegített levegőt az összekötő vezetékén keresztül a befúvókhoz irányítja, míg a fűtés megszűnésekor a gázok számára a kürtőn át nyit utat a fűtővezeték egyidejű lezárása mellett. Ilyenkor a fűtő csak annyi tüzelőanyagot éget el, amennyit a tűz életbentartása minimálisan megkövetel.

A tüzelőberendezést 4180 kal/kg számított fűtőértékű barnaszénre terveztük, amelynek összetétele: C = 45%, O = 13%, H = 4%, S = 2% és 23% Nedv. A tüzelőberendezés rostélyán óránként kb. 330 kg szenet égetünk el $\alpha = 2$ léglelesleg tényezővel. Így a rostélyon termelünk kb. 4300 kg/óra mennyiségű és kb. 766 °C hőmérsékletű füstgázt. Ehhez a -15 °C hőmérsékletű külső levegőből 28 200 kg/óra mennyiséget kell keverniük a 100 °C hőmérsékletű keverék előállítására céljából. A keverést a tűzpad mögött kialakított keverőtérben végezzük.

Avégből, hogy a nagy mennyiségű hideg levegő a tüzet ki ne oltsa, azt elő kell melegítenünk a keverés előtt. A szekundér levegőt a primér füstgázzal oly módon melegítjük elő, hogy a tűzpadot 62 db. (10×10 cm belvilágú) samottcsatornából álló rekuperátor gyanánt alakítjuk ki. A magas hőfokú primér gázok a csatornák közötti labirintuson áramlanak keresztül, s miközben kb. 380 °C-ra lehűlnek, felmelegítik a samottcsöveken belül áramló pótlevegőt. Az előmelegített levegőt a tüztér bal oldalfalában kiképzett táskán keresztül a sugárzásnak leginkább kitett tűzboltozatba vezetjük, amelyben az tovább melegszik. Így elérhető a szekundér levegőnek kb. 45—50 °C-ra történő felmelegítése. A pótlevegő a tüztér felső, boltozott csatornáján keresztül jut a keverőtérbe, amelyben nagy sebességénél fogva injektorhatást gyakorol a samottcsatornák között kanyargó primérgázokra. Keveredés után a függőleges kürtőn keresztül jut rendeltetési helyére.

A tüzelőberendezés járatait a kritikus helyeken pernyekihordó ajtókkal láttuk el. A tüzteret magát mindenütt 12-es samottfallyal, a környezetnek kitett felületeken pedig erre falazott 8-as thermalitfallyal vettük körül.

A szekundér levegő benyomására és a szükséges huzat biztosítására a tüzelőtér mellett nagy nyomású nyomóventilátort terveztünk be. A ventilátor szívócsonkja mintegy +6,0 m magasra van kivezetve a nagy légmennyiség miatt, és függőleges szakaszába mennyiség szabályozást lehetővé tevő pillangószelep van iktatva. Célszerű a szívókürtő végére porvédő sapkát vagy rostélyt elhelyezni.

A nyomóventilátort úgy méreteztük, hogy az egyedül is képes legyen a *kőoszlop teljes számított ellenállásának legyőzésére*.

Teljesítőképessége 21 600 m³/óra, $\Delta p = 600$ mm V. o. nyomáskülönbségre. Így a felső szívóventilátor szinte csak a biztonságot szolgálja. Erre a biztonságra a sáros, tömör szerkezetű, agyagos kő nagy ellenállása készletet törekedni.

Nyilvánvaló, hogy a keverőtérben uralkodó, esetleg 600 mm V. o. nyomást is kitevő túlnyomás a rostély huzatát megsemmisíti, sőt a tüzet a rostélyon visszavágja, tehát a primér levegő befűtásáról is gondoskodnunk kell. Ezt egy 3500 m³/óra levegőmennyiségre és $\Delta p = 620$ mm V. o. nyomáskülönbségre méretezett nyomóventilátor végzi, így 20 mm „huzatot” biztosítottunk a rostély számára. A ventilátor szívócsonkja magából a kezelőtérből szívja az égéshez szükséges levegőt, ami a sugárzó meleg révén ilyen módon kissé elő van melegedve.

Kétségtelen, hogy a tüzelés ilyen megoldása bizonyos kényelmetlenségekkel jár, pl. azzal, hogy a rostély előtti vasajton lévő nyílásokon az izzó réteg időnkénti megszurkálásakor a levegő kifut, továbbá, hogy a salakozáskor a nyomóventilátorokat le kell állítani stb., azonban a füstgáz nyomás alatt csak ezek árán állítható elő. A tüzelés jósága érdekében a rostély előtti vasajtót légmentesen záró kivitelben kell készíteni, és több helyen tűzálló üvegből kémlelő ablakkal, valamint ugyancsak jól záró fedéllel ellátott szűrőnyílásokkal kell felszerelni.

Maga a tüzelőberendezés a tüzelőállással és az 1—2 napi tárolható szénmennyiséggel együtt csapadék elleni védelem céljából cseréptetővel le van fedve. A tapasztalat szerint ugyanis a megázások a le nem fedett tüzelőberendezés élettartamára káros hatással vannak még akkor is, ha az jól van szigetelve. A tetőszerkezet dűcfából készíthető a műszaki tervben feltüntetett megoldással. A tetőszerkezet a tüzelőberendezés bal oldalán a siló faláig van kiterjesztve, míg jobb oldalt csak a kémény hátsó falsíkjaig nyúlik hátra, hogy a tető ne álljon a feljáró hágeső, ill. a szerelőajtó kiszolgálásának útjában. Ilyen tetőkialakítás mellett a silóbejárat előtt fedett előtér keletkezett, amely alatt a kürtőben lévő terelőlap esőtől védetten kezelhető, és a tüzelőállás is ugyanígy közelíthető meg.

A salakozótérbe és a nyomóventilátor kezelőszintjére döngölt és téglával burkolt lépcsőkön lehet lejutni a fedett tüzelőállásból. A ventilátor kezelőtérét és a tüzelőberendezés jobboldalán lévő pernyekihordó helyeket a nyitható ablakkal világítjuk meg, amely a kezelőtér oldalfalába épül. A berendezés baloldali pernyetisztító nyílásainak folyosóját üvegbetonból vagy sodronybetétes üvegből készült bevilágító mennyezettel látjuk el.

A leírt berendezés levegőmozgató rendszere tehát a tüzelőberendezésnél elhelyezett 600 mm nyomású nyomóventilátorok és a siló +19,40 m szintjén elhelyezett 450 mm nyomású szívóventilátor révén végeredményben 1050 mm V. o.

nyomáskülönbséget küzd le, ami kétszerese a 3. pontban számított értéknek, s így méltán biztonságosnak mondható. A működés szempontjából további biztonságot jelent, hogy a rostély huzatát nem bírja csupán a kőoszlop felett elhelyezett s a hely szűk volta miatt korlátozott teljesítményű szívóventilátorra.

Kivitelezési szempontból az ismertett berendezésnek több, figyelmen kívül nem hagyható előnye van. A terv mindenekelőtt megfelel a pályázati kiírás 6. pontjának, amely szerint a berendezés alkatrészei hazailag előállíthatók legyenek. A berendezéssel kapcsolatos beruházás nem anyagigényes, viszonylag nem nagy mennyiségű hegesztett lemezanyagot és a levegőmelegítő tüzelőberendezés megépítéséhez szükséges építőanyagokat igényeli csupán.

A fűtőberendezés kiviteli szempontból számbajövő előnyei között említendő, hogy a +19,40 szinten elhelyezett szívóventilátor száraz időben a portalanítás céljára is felhasználható, ha szívósonkját a tervbevétt szűrőberendezésre kötik és fordulatszámát áttétellel csökkentjük. Megfelelő szívócső megtervezésével és legyártásával tehát megtakarítható egy ventilátor, más szóval az eredeti tervhez képest a fűtéshez tartozó szívóventilátor beszerelése nem jelent beruházási költség-többletet. Végül előny gyanánt kell feltüntetnünk azt a körülményt, hogy az ismertett berendezés megvalósítása a kiírásban szereplő siló tervein olyan változtatásokat nem igényel, amelyek annak kiviteli költségeit vagy szilárdságát hátrányosan érintenék.

3. Levegőszükséglet számítása és az „oszlop” ellenállása

Az óránként átszívható levegőmennyiség megállapításánál kiindulásunk az a cél legyen, hogy a ventilációs munka ne lépje túl a berendezés gazdaságosságának határát.

A kérdés vizsgálatánál segítségünkre van az az analógia, amely fellelhető esetünk és a kémiai iparokban használt ún. n. töltött tornyok üzeme között. Az ilyen (abszorpciós, adszorpciós, desztillációs, extrakciós stb.) tornyok sokszor igen sűrű szemcseszerkezetű töltetének ellenállásával a szakirodalom igen részletesen foglalkozik, és jól közelítő összefüggéseket ad a felfelé áramló gáz sebességének függvényében az ellenállás értékének meghatározására.

Megállapítást nyert, hogy az aprószemcsés halmazal töltött tornyok akkor működnek a leggazdaságosabban, hogyha a bennük felfelé áramló gázok és gőzök ún. fiktív sebessége $c_{meg} = 0,3$ m/mp. (Fiktív sebesség alatt a töltet nélküli torony keresztmetszetében feltételezett áramlási sebességet értik.) Minthogy pedig az ilyen tornyok gazdaságosságát elsősorban a gázmozgatásra fordított ún. n. ventilációs energia szabja meg, az átmozgatott levegő mennyiségének meghatározásánál a gazdaságosság érdekében induljunk ki a megengedett fiktív sebességértékből, és vegyük fel azt $c_{meg} = 0,2$ m/mp-nek.

A siló átmérője 8,0 m. Tiszta keresztmetszetének 1 m²-ére eső gáz mennyiség

$$G_g = c_{meg} \cdot \gamma_{100} \cdot 3600 = 0,2 \cdot 0,9 \cdot 3600 = 648 \text{ kg/óra, m}^2,$$

mivel az átáramló gáz hőmérsékletét $t = 100$ C°-ra felvéve, a gáz térfogatsúlya

$$\gamma_{100} = \frac{p}{R \cdot T} = \frac{10\,000}{29,27 \cdot 373} = 0,9 \text{ kg/m}^3.$$

A siló teljes keresztmetszetén tehát a biztonságosan felvett 0,2 m/mp fiktív sebesség mellett átáramlik

$$\frac{D^2 \cdot \pi}{4} \cdot G_g = \frac{64 \cdot \pi}{4} \cdot 648 = 32\,500 \text{ kg/óra}$$

mennyiségű 100 C°-os levegő, ami megfelel

$$\frac{32\,500}{1,25} = 28\,000 \text{ Nm}^3\text{-nek.}$$

A levegő hőmérsékletének megválasztásánál két elengedhetetlen követelmény gyanánt kellett szem előtt tartanunk, hogy

1. a betonra ne legyen károsan magas,
2. rentábilisan előállítható legyen.

A fentebb már felvett 100 C° hőmérséklet ellenőrzése gyanánt szabjuk meg, hogy a rendelkezésre álló 10 órás fűtési idő alatt a levegő által hordozott melegtartalom elegendő legyen a feltevés szerint hó és jég formájában jelenlévő 5% szabad nedvesség megolvasztására.

Ezen ellenőrzés végrehajtása előtt meg kell tehát állapítanunk, hogy mennyi a siló hasznos tárolótérfogata és az ebben foglalt kő súlya (2. ábra).

$$K_h = K_1 + K_2 + K_3$$

$$K_1 = \frac{8^2 \cdot \pi}{4} \cdot \frac{4}{3} = 67 \text{ m}^3,$$

$$K_2 = \frac{8^2 \cdot \pi}{4} \cdot 11,5 = 557 \text{ m}^3,$$

$$K_3 = \frac{8^2 \cdot \pi}{4} \cdot \frac{4,8}{3} = 80 \text{ m}^3,$$

$$K_h = 704 \text{ m}^3,$$

azaz kereken 700 m³. A kő nagy nedvességtartalmára és kis szemcsenagyságára való tekintettel a térfogatsúlyát 1,8 t/m³ értékkel vesszük számításba. Lesz tehát a tárolt kőmennyiség

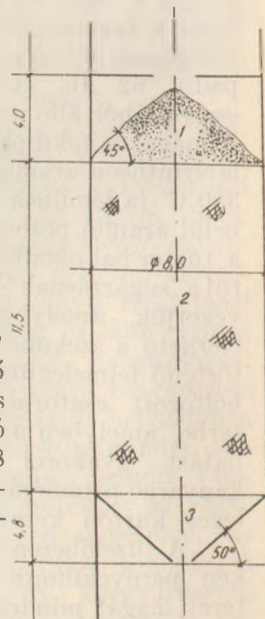
$$700 \cdot 1,8 = 1260 \text{ t.}$$

Felírva az ebben foglalt szabad nedvességnek, mint jégnek megolvasztásához szükséges meleg és a -15 C°-ra lehűlő gáz 10 óra alatt leadott melegének egyenlőségét, számítható a szükséges levegőhőmérséklet.

$$1\,260\,000 \cdot 0,05 \cdot 80 = 32\,500 \cdot 0,26 \cdot (t + 15) \cdot 10 \text{ [kal]}$$

amiből

$$t = \frac{1\,260\,000 \cdot 0,05 \cdot 80}{32\,500 \cdot 0,26 \cdot 10} - 15 = 44 \text{ C}^\circ.$$



2. ábra

Tudva azonban, hogy a levegővel bevitt melegnek — a sugárzási veszteségek figyelmen kívül hagyásával is — csak mintegy 15%-a fordítódik olvasztásra, a feltételezett 100°C hőmérséklettel végezzük további számításainkat.

Számítsuk ki a 0,2 m/mp fiktív sebességgel átáramoltatott kötőanyag áramlási ellenállását. Ha a kőszemcsék nem lennének nedvesek, az ú. n. száraz torony ellenállására vonatkozó összefüggés érvényes, amely szerint

$$h_{sz} = \lambda \cdot \frac{l \cdot \gamma_g \cdot c^2}{d_{ekv} \cdot 2g} \quad [\text{V. o. mm}],$$

ahol $\lambda = \frac{140}{Re}$ az ellenállás tényezője, ha a

Reynolds-szám értéke $Re < 50$.

A töltet egyenértékű átmérője pedig négyeszerese a szabad térfogat és fajlagos felület hányadosának:

$$d_{ekv} = \frac{4 \cdot v_{sz}}{f} = \frac{4 \cdot 0,1}{120} = 0,0033 \text{ m.}$$

(Az apró szemcsézet figyelembevételével $f = 120 \text{ m}^2/\text{m}^3$, és $v_{sz} = 0,1 \text{ m}^2/\text{m}^2$.)

$$Re = \frac{c_{neg} \cdot d_{ekv} \cdot \rho}{\eta} = \frac{0,2 \cdot 0,0033 \cdot 0,9 \cdot 10\,000}{9,81 \cdot 0,222} = 2,77 < 50.$$

Az ellenállás tényezője tehát

$$\lambda = \frac{140}{2,77} = 52,5.$$

A „száraz“ kőszlop ellenállása fentiek figyelembevételével lesz

$$h_{sz} = \frac{52,5 \cdot 17,0 \cdot 0,9 \cdot 0,2^2}{0,0033 \cdot 2 \cdot 9,81} = 505 \text{ V. o. mm,}$$

amely érték kb. 20%-kal növekszik a nedvesség miatt.

Bár ez a nyomáskülönbség egyetlen ventilátorral is leküzdhető volna, a levegő biztonságos átmozgatására két ventilátort tartunk szükségesnek. Ezek közül az egyik a siló felső, ú. n. portalanító szintjén szívja a meleg levegőt, a másik pedig a tüzelőberendezés szekundér levegője formájában nyomja be a keverőterem keresztül a siló aljába. A ventilátorok közül az utóbbit úgy méretezzük, hogy a fentebb számított nyomásesésnél még kb. 100 mm V. o. értékkel többet, tehát 600 mm-t egymaga legyőzzön, hogy ily módon a kő nedves voltából adódó többletellenállást is fedezzük. A szívóventilátor 450 mm nyomáskülönbségre méretezve a berendezés biztonságát szolgálja.

4. Melegfelhasználás

A fűtőberendezés ismertetése után vizsgáljuk meg a kő közé bevitt meleg levegő melegtartalmának számszerű felhasználódását.

Megállapítandó mindenekelőtt, hogy mennyi a 100°C hőmérsékletű befúvatott gáz melegtartalma, és mennyi a melegtartalma ennek a levegőnek

akkor, amikor lehűlve és telítődve a siló felső részén távozik, ha feltételezzük, hogy a felső kőrétegekben 0°C-ra hűl le.

A nedves levegő melegtartalma általában

$$i = (c_{lev} + c_{göz} \cdot x) \cdot t + 597 \cdot x \quad [\text{kal/kg}],$$

ahol x kg/kg a fajlagos nedvességtartalom, c_{lev} és $c_{göz}$ kal/kg, °C a t hőmérsékletre vonatkozó fajhője a levegőnek és a gőznek, 597 kal/kg pedig a vízgőz rejtett melege 0°C-on. A lehűlés közben leadott Δi kal/kg hőmennyiség tehát nemcsak a levegő hőmérsékletének, hanem a nedvességtartalmának is függvénye. A silóból távozó levegő $x' = 0,004$ kg/kg, ami adott a lehűlés fentebb feltételezett mértékével és azzal, hogy a levegő minden bizonnyal telítetten távozik. Meghatározandó tehát a befúvatott 100°C hőmérsékletű, nyilván nem telített levegő nedvességtartalma. A tüzelőberendezés keverőterébe keverendő primér és szekundér levegő G_1 és G_2 kg/óra mennyiségeit és x_1 valamint x_2 nedvességtartalmait kell ehhez ismerni. Bevezetve $n = G_2/G_1$ arányt, a nyert keverék nedvességtartalmára érvényes alábbi összefüggésből közvetlenül számítható a silóba fúvott meleg levegő nedvességtartalma:

$$x_k = \frac{x_2 + n \cdot x_1}{1 + n} = \frac{0,0505 + 6,54 \cdot 0,0015}{1 + 6,54} = 0,008 \text{ kg/kg,}$$

ugyanis $G_2/G_1 = 28\,200 : 4300 = 6,54$.

A befúvott meleg levegő melegtartalma tehát

$$\begin{aligned} i'' &= (0,25 + 0,48 \cdot x_2) \cdot t_2 + 597 \cdot x_2 = \\ &= (0,25 + 0,48 \cdot 0,008) \cdot 100 + 597 \cdot 0,008 = \\ &= 30,16 \text{ kal/kg lev.} \end{aligned}$$

A silóból távozó 0°C-os levegő melegtartalma pedig

$$\begin{aligned} i' &= (0,24 + 0,46 \cdot x_1) \cdot T_1 + 597 \cdot x_1 = \\ &= (0,24 + 0,46 \cdot 0,004) \cdot 0 + 597 \cdot 0,004 = \\ &= 2,39 \text{ kal/kg lev.} \end{aligned}$$

A leadott fajlagos melegmennyiség tehát

$$\Delta i = i'' - i' = 30,16 - 2,39 = 27,77 \text{ kal/kg lev.}$$

A $G_1 + G_2 = G$ kg/óra átfúvatott összes levegő leadott melege

$$Q_g = G \cdot \Delta i = 32500 \cdot 27,77 = 902\,500 \text{ kal/óra.}$$

Ez a melegmennyiség azonban nem hasznosítható teljes egészében, mivel a siló vasbetonfalának hőmérséklete és a külső levegő hőmérséklete közötti különbséggel és a siló felületével arányos mennyiségű meleg a környező levegőnek adódik át, ami veszteségnek számít. E hőátadás k tényezőjének megállapításához szükségünk van a levegő és a vasbeton közötti hőátadási tényezők értékeire. A silón belüli levegő közepes hőmérsékletét $t_{köz} = 45,0$ °C és a vasbetonfal hő-

mérsékletét $t_f = -5^\circ\text{C}$ értékkel számításba véve *Hütte* szerint a fal belső felületén nyerjük

$$\alpha_b = 0,64 \cdot C_b \cdot \sqrt[4]{p^2 \cdot (t_{köz} - t_f)} =$$

$$= 0,64 \cdot 3,66 \cdot \sqrt[4]{50} = 6,2 \text{ kal/m}^2, \text{ }^\circ\text{C}, \text{ óra}$$

hőátadási tényezőt. Ugyanígy a siló külső felületén a hőátadás tényezője $t_f = 5^\circ\text{C}$ és $t_k = -15^\circ\text{C}$ külső hőmérséklet figyelembevételével

$$\alpha_k = 0,64 \cdot C_k \cdot \sqrt[4]{p^2 (t_f - t_k)} =$$

$$= 0,64 \cdot 3,48 \cdot \sqrt[4]{10} = 3,96 \text{ kal/m}^2, \text{ }^\circ\text{C}, \text{ óra.}$$

Mivel a vasbeton hővezetési száma $\lambda = 1,2$ kal/m, $^\circ\text{C}$, óra és a falvastagság $v = 0,2$ m, a hőátzármaztatás tényezőjét kiszámítva

$$\frac{1000}{k} = \frac{1000}{\alpha_b} + \frac{1000}{\lambda/v} + \frac{1000}{\alpha_k} = \frac{1000}{6,2} +$$

$$+ \frac{1000}{1,2/0,2} + \frac{1000}{3,96} = 162 + 166 + 252 = 580,$$

amiből

$$k = \frac{1000}{580} = 1,72 \text{ kal/m}^2, \text{ }^\circ\text{C}, \text{ óra.}$$

A siló teljes palástfelülete és a $+19,40$ szinten lévő földem felülete

$$F = 8,0 \cdot \pi \cdot 16 + \frac{8,0^2 \cdot \pi}{4} \approx 400 + 50 = 450 \text{ m}^2,$$

a fal és a környezet közötti hőmérsékletkülönbség pedig

$$t = t_f - t_k = 10^\circ\text{C}.$$

Ezekkel lesz tehát az „elsugárzott“ veszteség

$$Q_{veszt} = k \cdot F \cdot \Delta t = 1,72 \cdot 450 \cdot 10 = 7800 \text{ kal/óra.}$$

Hasznosítható végeredményben

$$Q_h = Q_0 - Q_v = 902,500 - 7,800 = 894\,700 \text{ kal/óra.}$$

A tüzeléssel felszabaduló meleg

$$B \cdot H = 326 \cdot 4180 = 1\,362\,680 \text{ kal/óra.}$$

A berendezés kalorikus hatásfoka tehát

$$\eta_{\bar{v}} = \frac{Q_h}{B \cdot H} = \frac{894,700}{1,362 \cdot 680} = 0,65.$$

A 131. oldalon foglaltak szerint annak fajlagos melegsüksége, hogy 1 kg kő jég formájában jelenlévő szabad nedvességtartalmát felolvasszuk, minimálisan $26,175 \text{ kal/kg kő}$. A fentebb kimutatott hasznosítható meleghől tehát fedezhető óránként

$$\frac{894\,700}{26,175} = 34\,200 \text{ kg} = 34,2 \text{ t}$$

kő jégtartalmának megolvasztása, amivel a rendelkezésre álló 10 óra alatt 342 t kő megeresztését biztosítjuk. Az olvadás nyilván a siló alsó, kúpos részében indul meg, amelyben

$$1,8 \cdot \frac{8^2 \cdot \pi}{4} \cdot \frac{4,8}{3} = 145 \text{ t}$$

nedves kő helyekedik el. Ebből következik, hogy a $342 - 145 = 197 \text{ t}$ további megeresztendő kő mennyiség a siló alsó, hengeres részében helyezkedik el, amelynek magassága

$$h \cdot \frac{D^2 \cdot \pi}{4} \cdot \gamma_{kő} = 197 \text{ t}$$

egyenlethől számítható.

$$h = \frac{197 \cdot 4}{8^2 \cdot \pi \cdot 1,8} = 2,2 \text{ m.}$$

A meleg levegővel a silóba juttatott meleg felhasználásának mennyiségi vizsgálata tehát azt eredményezi, hogy a siló alsó kúpos és ezzel szomszédos $2,2 \text{ m}$ magasságú hengeres részében biztosan várható a kő kiolvadása 10 órai fűtés során. Mivel üzemi szakemberek egybehangzó nyilatkozatai szerint a befagyott siló alsó része tartalmának megolvadása már elegendő biztosíték az üzem megindulására, fenti eredményt teljesen kielégítőnek kell elfogadnunk.

A helyzet azonban a megolvasztott jégű kőoszlop magassága tekintetében feltétlenül kedvezőbb lesz, mivel a méretezés során számításainkban több olyan elhanyagolást tettünk, amelyek a kötelező mérnöki biztonságosság érdekében a mérleget mindenkor a kedvezőtlenebb oldalra billentették. Éltünk továbbá ezekkel az elhanyagolásokkal avégből is, hogy ilyen módon számításainkat egyszerűbbé tehesük, s mellőzhessük a lefolyó jelenségek — sajnos túlságosan — bonyolult analitikus vizsgálatát. A leírt módon megolvasztható kőmennyiség így valószínűleg nagyobb lesz, mivel

1. a kő nedvességtartalmából a legtöbb esetben 5% -nál valószínűleg kevesebb lesz jelen megolvasztandó jég formájában,

2. a kő hőmérséklete nem mindig lesz -15°C a fűtés megkezdésekor, s ami a legfontosabb,

3. a kő elkerülhetetlen felmelegedésének mértéke nem tekinthető a megolvadt réteg magassága mentén állandónak, hiszen valószínű, hogy annak hőmérséklete exponenciális görbe mentén változik, tehát a közepes hőmérsékletemelkedés jóval a számításba vett ($1. 131. \text{ old.}$) 115°C alatt lesz,

4. a levegő 0°C alá is le fog hűlni a silóban, tehát a számítottnál több meleget ad le.

5. Üzemköltség számítása

A berendezés várható üzemköltségének számításánál figyelembe kell vennünk az

- elektromos energia,
- szén,
- munkaerő

ad a) Naponta 10 órán át jár a szívóventilátor 48 kW -os, a szekundér nyomóventilátor 50 kW -os és a primér (aláfúvó) ventilátor $8,5 \text{ kW}$ -os motorja. Ez kitesz összesen naponta

$$(48 + 50 + 8,5) \cdot 10 = 1065 \text{ kW órát.}$$

Az elektromos energiát $37, - Ft$ egységárral számolva ez naponta $1065 \cdot 0,37 = 396, - Ft$.

ad b) Naponta 10 órán keresztül fogyaszt a tüzelőberendezés 330 kg/óra mennyiségű szenet. Dorogi vagy tatabányai szenet 13,70 Ft q-kénti egységgel számításba véve, a fűtési idő alatt a szén költsége

$$\frac{10 \cdot 330}{100} \cdot 13,70 = 452, \text{— Ft.}$$

Napi 14 órán át csak a tűz fenntartásához szükséges mennyiség fogy, ami vehető 50 kg/órának. A szénköltség tehát erre az időre

$$\frac{14 \cdot 50}{100} \cdot 13,70 = 96, \text{— Ft.}$$

ad c) Az üzembentartáshoz szükséges naponta 10 órán át 1 szakmunkás (fűtő) és 1 segédmunkás, és 14 órán át 1 segédmunkás.

A szakmunkás 1 órára eső munkabéréte havi 1200,— Ft alapulvételével $1200/25 \cdot 8 = 6, \text{— Ft-tal}$, a segédmunkás órabéréte pedig havi 800,— Ft-ból $800/25 \cdot 8 = 4, \text{— Ft-tal}$ vesszük számításba. 1 napi személyi kiadás tehát

1 szakmunkásra	10 · 6	60,— Ft
1 segédmunkásra	24 · 4	96,— Ft

Összesen 156,— Ft

Egy napi kiadás tehát összesen:

Elektromos energia	396,— Ft
Szén ára siló üzemszünetében	452,— Ft
Szén ára siló üzeme alatt	96,— Ft
Személyi kiadás	156,— Ft

Összesen 1100,— Ft

1 üzemóra vonatkoztatott üzemköltség:

$$\frac{1100}{24} = 45,8 \text{ Ft/óra,}$$

1 m³ tárolt kőre vonatkoztatva pedig:

$$\frac{1100}{700} = 1,57 \text{ Ft/m}^3.$$

*

Cikkíró megjegyzése

Pályázó által választott fűtési megoldás kivitelezhetőségének Achilles-sarka a kőoszlop ellenállása, ezért is közöltük ennek számítását részletesen. A sáros, agyagos (egyszer tört és cementipar részére alkalmas) kötőanyag ellenállásának számítás útján történő meghatározása pontos értékek ismeretében hiányában nem biztos, hogy gyakorlati eredményekre vezet, ezért talán szép feladatot jelenthetne az Építőanyagipari Központi Kutató Intézet részére ezen számítás kísérettel való ellenőrzése, amely egy siló-modellen elvégezhető lenne.

Arra való tekintettel azonban, hogy az ellenállás a kőoszlop magasságával egyenesen arányos, új tervezéseknél, alkalmas technológia mellett, a silómagasságok lényegesen csökkenthetők lennének, és így nagyobb lehetőséget adnának a pályázatban közölt elv alkalmazására különösen olyan üzemben, ahol már meglévő hőtermelőberendezéshez lehetne csatlakozni.

SASVÁRI GYÖRGY MEGOLDÁSA

1. Általános megfontolások

Elsősorban azt vizsgáljuk, hogy a mészkőtörmelékben az összefagyást okozó víz milyen formában lehet jelen. A mészkőtörmelék háromféle módon köthet vizet,

a) *Kapilláris víz.* Ha a termék jelentős mennyiségben tartalmaz 1 m Ø alatti szemcséket, akkor a szabadban tároló törmelék a lehulló csapadékvizből egy kis hányadot a legalsó rétegben magában tart, így a szemcsenagyságtól függően a tárolt prizma legalsó néhány cm-es rétege vizet tartalmazhat oly módon, hogy ott a teljes hézagterefogat telve van vízzel. A vízzel telített réteg vastagságára vonatkozóan Vendl Aladár geológiája azt írja, hogy 0,2 mm szemcsenagyságon felül ez elhanyagolható. 0,1 mm átlagos szemcsenagyság mellett a vízzel telt réteg vastagsága 26 cm. Miután a siló töltésénél ezt a legalsó réteget mindenkor ki lehet hagyni, elkerülhető az is, hogy a teljes hézagterefogatnak megfelelő vízmennyiség a silóba jusson.

Van azonban a kőzet törmelékben található kapilláris erőkkel kötött víznek egy második megjelenési formája is, amelyet a talajtan „szegletvíz”-nek nevez. Ha a szabadban tároló kőzettörmeléken nagyobb mennyiségű csapadékvíz szivárog át, akkor az egyes szemcsék érintkezési pontjai közül kialakult szögletekben igen apró kapilláris vízgyűrű marad vissza, mégpedig a tárolótörmelék teljes rétegvastagságában. Ha egyszer tehát a szabadban tároló kőzettörmelék bőséges csapadék érte, akkor a szegletvíz benne mindaddig feltalálható, amíg az a száraz idő és a széljárás következtében el nem párolgott.

b) *Pórusvíz.* A mészkő porózitása képződés módjától függően változó. A Vendl-geológia I. kötetének 500. oldalán található táblázat tanúsága szerint a pórusterfogat, ill. az ezzel közel megegyező vízfelvétel Magyarország mészkőfel fordulásainál 0,1 és 26% között váltakozhat. A pórusok szintén a kapilláris erő révén szívják vizet, ez a vízmennyiség azonban mindenkor a szemcsék belsejében található és így a silóban bekövetkező összefagyás jelenségénél szerepet nem játszhat, de szerepe van a szemcsék továbbrepesztésénél, amennyiben a fagy sorozatosan következik be. A silók fagymentesítése szempontjából ez a vízmennyiség elhanyagolható.

c) *Tapadó (higroszkopikus) víz.* A szilárd anyagok általában, tehát a kőzettörmelék is molekuláris vastagságú vízréteget tartanak vissza felületükön. E vízfilm vastagsága 10⁻⁶ mm nagyságrendű és a Vendl-féle geológia első kötetének 506. oldala szerint 3 × 10⁻⁶ és 23 × 10⁻⁶ mm között váltakozik. A vastagság függ attól, hogy a szemese milyen méretű, nagyobb szemcsék esetében a vízréteg vastagabb. A tapadó vízmennyiség olyan csekély tömeget képvisel, hogy az összefagyás jelenségénél szerepe nem lehet. Ha pl. feltételezzük, hogy a törmelék közelítőleg gömbalakú szemcsékből áll, amelyeknek átmérője 1 mm, akkor 1 m³ törmelék belső felülete köbös elhelyezkedés

mellett 3,140 m². Az ezen megtapadó vízmennyiség a max. rétegvastagság figyelembevételével 0,1365 cm³.

Nyilvánvaló, hogy sem a pórúsvíz, sem pedig a tapadóvíz nem okozhat összefagyást. Az egyetlen itt szóba jöhető vízfajta a kapilláris víznek az a része, amely a szabadban tároló törmelékben átnedvesedés után átmenetileg szegletvíz formájában van jelen. Szegletvíz csak akkor keletkezhet, ha a bányából kinyert és aprított törmelék nem azonnal és nem fedett szállítási utakon jut a silóba. A fejtetlen műszkőréteg ugyanis csak pórúsvizet tartalmazhat, és ez az összefagyás tekintetében indifferens. Hangsúlyoznunk kell tehát, hogy a pályázat tárgyát képező probléma csak az esetben merülhet fel, ha a műszkőréteg lerobbantásánál oly nagytömegű aprószemű zuzalék keletkezik, amelyet nem lehet rövid időn belül a silóba juttatni, vagy ha a silós tárolást megelőzően granulált állapotban a szabadban is történik tárolás. Megítélésünk szerint az összefagyás kizárásának a legtermészetesebb és legüzemszerűbb módszere az, ha a lerobbantott zuzalék a lehető legrövidebb időn belül kerül aprításra és ha a granuláció után a törmelék többé nem ázhat meg.

Itt kell még megjegyeznünk, mint ahogy az a későbbiekben látható lesz, hogy az összefagyást okozó szegletvíz is csak 15 mm alatti átlagos szemcse nagyság esetében lehet olyan mennyiségben jelen, hogy fagyátlásról kelljen gondoskodni.

2. Megoldási lehetőségek

Az összefagyás meggátlása — nem véve figyelembe az 1. pontban közölt prevenciót — két alapvető módon történhet:

A) a siló fűtése,

B) a fagyás kiküszöbölése fagypontesőkentő adalék révén.

A) A siló fűtése

A siló fűtése ismét kétféle módon történhetik, és pedig külső hőforrás segítségével, vagy olyan anyag adagolásával, amely a tárolás folyamán hőt fejleszt és így belső fűtést eredményez. Mielőtt e két mód ismertetésére rátérünk, ill. ezekre javaslatot tennénk, határozzuk meg először az összefagyást előidéző kapilláris szegletvíz hozzávetőleges mennyiségét, másodszer azt a hőigényt, amely az összefagyás meggátlásához szükséges.

a) A szegletvíz mennyiségének hozzávetőleges meghatározása

A szegletvíz mennyiségére a szemcse nagyság függvényében irodalmi adatot nem találtunk, és emiatt közelítő számítást kell végeznünk. A számítás alapja a 0—30 mm szemcseösszetételű törmelék. Az átlagos szemcseátmérőt 10 mm-ben vettük fel, feltételezve, hogy a kis szemcsék túlsúlyban vannak. Feltételezzük továbbá, hogy a szemcsék térbeli elrendezése oktaéderes, tehát kedvezőtlenebb a legtömörebb tetraéderes, de kedvezőbb a köbös elrendezésnél és így közepes térkihasználású.

Végül is felvesszük, hogy a szemcsék érintkezési pontjai körül a szegletvíz 1 mm-es sugárban helyezkedik el.

Számítjuk az oktaéderben elhelyezkedő és 6 szemcséből álló elem belső hézagterét. Ezt durva közelítésben ugyancsak oktaédernek tételezzük fel. Az elemi oktaéder térfogata:

$$V_1 = \frac{2 \cdot (2 \cdot 0,5)^2 \cdot 0,5}{3} = 0,167 \text{ cm}^3.$$

A hézagvíz által kitöltött teret az elemi oktaéder hat csúcsába illeszkedő 0,1 cm magasságú, négyzet alapú gúlával helyettesítjük. Ezek együttes térfogata:

$$V_2 = 6 \cdot \frac{(2 \cdot 0,1)^2 \cdot 0,1}{3} = 0,004 \text{ cm}^3.$$

A szegletvíz térfogataránya a teljes hézagteret képest:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{0,004}{0,167} = 0,024,$$

azaz a szegletvíz a hézagteretnek 2,4%-át fogja kitölteni.

A 0—30 mm szemcséből álló frakció térfogatsúlyát 1700 kg/m³-ben felvéve és a műszkő fajsúlyának ismeretében meghatározzuk 1 m³ töltet hézagterefogatát:

$$\text{Hézagterefogat} = \frac{2,7 - 1,7}{2,7} = 0,37,$$

vagyis a hézagterefogat 370 l/m³.

Ebből a szegletvíz mennyisége:

$$370 \cdot 0,024 = 8,9 \text{ kerekben } 9 \text{ liter/m}^3.$$

Meg kell jegyeznünk, hogy a szemcse nagyság növekedésével, ill. csökkenésével a szegletvíz mennyisége rohamosan csökken, ill. nő.

Ha a fenti számítást 15 mm átlagos szemcse nagyság mellett is végrehajtjuk, akkor az eredmény mindössze 0,515 l/100, azaz m³-enként 0,19 liter.

b) A hőszükséglet számítása

Kiindulás:

a töltet térfogata 800 m³
 a töltet térfogatsúlya 1700 kg/m³
 min. külső hőmérséklet... —15° C
 elérendő belső hőmérséklet + 2° C
 a pórúsvíz max. mennyisége 8 %
 a szegletvíz mennyisége .. 9 liter/m³
 a műszkő fajhője 0,22 kcal/kg

Számítás:

1. alternatíva: a töltet 0°-os.

A száraztöltet felmelegítéséhez szükséges hőmennyiség:

$$q_1 = 800 \text{ m}^3 \cdot 1700 \text{ kg} \cdot 0,22 \cdot 2^\circ = 600\,000 \text{ kcal.}$$

A pórúsvíz felmelegítéséhez szükséges hőmennyiség:

$$q_2 = 0,08 \cdot 800 \text{ m}^3 \cdot 1700 \text{ kg} \cdot 2^\circ = 218\,000 \text{ kcal.}$$

A szegletvíz felmelegítéséhez szükséges hőmennyiség:

$$q_3 = 800 \cdot 9 \text{ kg} \cdot 2^\circ = 14\,400 \text{ kcal.}$$

A silótest felmelegítéséhez szükséges hőmennyiség:

- a siló magassága 19,55 m
- a siló átmérője 8,— m
- a siló falvastagsága 0,2 m
- a vasbeton fajhője 0,20 kcal/kg° C

Feltételezzük, hogy a siló fedése ugyancsak 0,2 m vastag vasbetonlemezekből áll.

$$q_4 = 8 \text{ m} \cdot 3,14 \cdot 19,55 \cdot 0,2 \cdot 2000 \cdot 17^\circ = 3\,356\,000 \text{ kcal}$$

$$16 \text{ m}^2 \cdot 3,14 \cdot 2 \cdot 0,2 \cdot 2000 \cdot 17^\circ = \frac{712\,600}{4\,068\,600} \text{ kcal}$$

A számított hőmennyiség azonban csak az első felmelegítéskor szükséges, később csak a hővesztés pótlásáról kell gondoskodni, miután a siló testét hőszigetelő burkolat veszi körül. Az esetenkénti hőszükségletet a számítottak $\frac{1}{5}$ -ében felvéve:

$$q_4 = \text{kereken } 800\,000 \text{ kcal.}$$

A hővesztések számítása:

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{8} + \frac{0,20}{0,72} + \frac{0,06}{0,04} + \frac{1}{25} = 1,943; \quad k = 0,515$$

A szigetelést 6 cm vastag salakgyapot matracból állónak képzeljük, amelynek hővezetési tényezője 0,04 kcal/mlh° C.

$$q_5 = 8 \text{ m} \cdot 3,14 \cdot 19,55 \cdot 0,515 \cdot 24^{\text{h}} \cdot 17^\circ = 103\,500 \text{ kcal}$$

$$16 \text{ m}^2 \cdot 3,14 \cdot 0,515 \cdot 24^{\text{h}} \cdot 17^\circ = \frac{10\,550}{114\,050} \text{ kcal}$$

Összesítés:

$$q_1 = 600\,000 \text{ kcal}$$

$$q_2 = 218\,000 \text{ „}$$

$$q_3 = 14\,400 \text{ „}$$

$$q_4 = 800\,000 \text{ „}$$

$$q_5 = 114\,050 \text{ „}$$

$$\frac{1\,746\,450}{1\,746\,450} \text{ kcal}$$

A számítható fajlagos értékek:

$$1\,746\,500 : 800 \text{ m}^3 = 2\,180 \text{ kcal/m}^3$$

$$1\,746\,500 : 24^{\text{h}} = 72\,800 \text{ kcal/h}$$

2. alternatíva: a töltet -15° -os, tehát mind a pórusvíz, mind a szegletvíz jégállapotban van.

A száraz töltet felmelegítéséhez szükséges hőmennyiség:

$$q_1 = 800 \text{ m}^3 \cdot 1700 \text{ kg} \cdot 0,22 \cdot 17^\circ = 5\,100\,000 \text{ kcal.}$$

A pórusvíz olvasztásához szükséges hőmennyiség:

$$q_2 = 0,08 \cdot 800 \cdot 1700 \cdot 80 \text{ kcal} = 8\,700\,000 \text{ kcal.}$$

A pórusvíz melegítéséhez szükséges hőmennyiség:

$$q_3 = 0,08 \cdot 800 \cdot 1700 \cdot 17^\circ = 1\,850\,000 \text{ kcal.}$$

A szegletvíz olvasztásához szükséges hőmennyiség:

$$q_4 = 800 \text{ m}^3 \cdot 9 \text{ kg} \cdot 80 \text{ kcal} = 577\,000 \text{ kcal.}$$

A szegletvíz felmelegítéséhez szükséges hőmennyiség:

$$q_5 = 800 \cdot 9 \cdot 17^\circ = 122\,000 \text{ kcal.}$$

A silótest felmelegítéséhez szükséges hőmennyiség:

$$q_6 \text{ (változatlan)} = 800\,000 \text{ kcal.}$$

Hővesztések számítása:

$$q_7 \text{ (változatlan)} = 114\,050 \text{ kcal.}$$

Összesítés:

$$q_1 = 5\,100\,000 \text{ kcal}$$

$$q_2 = 8\,700\,000 \text{ „}$$

$$q_3 = 1\,850\,000 \text{ „}$$

$$q_4 = 577\,000 \text{ „}$$

$$q_5 = 122\,000 \text{ „}$$

$$q_6 = 800\,000 \text{ „}$$

$$q_7 = 114\,050 \text{ „}$$

$$\frac{17\,263\,050}{17\,263\,050} \text{ kcal}$$

Számítható fajlagos értékek:

$$17\,263\,050 \text{ kcal} : 800 \text{ m}^3 = 21\,600 \text{ kcal/m}^3$$

$$17\,263\,050 \text{ kcal} : 24^{\text{h}} = 719\,000 \text{ kcal/h}$$

A fenti hőtan számításból láthatóan 0° -os töltet esetében a hasznos hőnek tekinthető azon hőmennyiség, amely a szegletvíz melegítését szolgálja, az összes betáplálendő melegnek mindössze kb. 0,8%-a a második alternatíva esetében, ahol ehhez még a szegletvíz olvadáshője is hozzájárul, az összes betáplált melegnek 4%-a. Ha tehát a fagyásgátlást hőközléssel eszközöljük, akkor a módszer kalorikus hatásfoka igen rossz, mert aránytalanul nagy a feleslegesen felmelegített tömeg.

A pályázat kiindulási adatai között sajnos nem szerepel a töltet valószínű kezdeti hőfoka. Feltételezhető, hogy az őrlés folyamán a mészke néhány fokkal a környezet hőfoka fölé melegszik, és ha az út az aprítás és a siló között elég rövid, vagy zárt helyen vezet, akkor a törmelék a környezetnél melegebben jut a silóba.

A fent előadottak alapján nyilvánvaló, hogy a fagyásgátlás megoldását csak 0—30 mm szemcse-átmérőket tartalmazó siló esetében kell kidolgozni, mert ennél nagyobb szemcsék esetében az összefagyás veszélye nem állhat fenn.

I. Megoldás

A siló fűtése telített gőzzel történik oly módon, hogy ezt a silón kívül elhelyezett kazánban állítjuk elő és a gőzt reduktor-szelep beiktatásával vagy a silótest tengelyében, vagy pedig a siló alján lévő csúszórészű mögötti nyugvó törmelék rétegben elhelyezett perforált csővezetékbe vezetjük. A gőzkibocsátó nyílásokat megfelelő pajzsok védik az eltömődés ellen. A nyílásokon át a telített gőzt közvetlenül a töltetbe bocsátjuk. Így elérjük azt, hogy a hőátadás kielégítő, mert a gőz közvetlenül a törmelék felületén csapódik le és adja át rejtett melegét.

A hőátadás fenti módon jóformán veszteségmentes. 0°-os töltet esetén a telített gőz rejtett hőjét 640 kcal/kg-ban figyelembevéve, az

óránkénti gőzigény : $72\,800 : 640 \text{ kcal} = 118 \text{ kg}$
 m^3 -enkénti gőzigény : $2180 : 640 \text{ kcal} = 3,41 \text{ kg}$

—15°-os töltet esetén: óránkénti gőzigény $719\,000 \text{ kcal} : 640 \text{ kcal} = 1\,122 \text{ kg/h}$
 m^3 -enkénti gőzigény $21\,600 \text{ kcal} : 640 \text{ kcal} = 33,8 \text{ kg/m}^3$

Ebből a szénigény :

óránként ... $1\,122 : 3 = 3,75 \text{ q/h}$
 m^3 -enként ... $33,8 : 3 = 11,25 \text{ kg/m}^3$

Véleményem szerint a siló gőzfűtése esetén az előbb elmondottak alapján a hatásfok annyira rossz, hogy még szükségfűtésként sem szabadna alkalmazni a következők miatt :

a) A legkézenfekvőbb megoldás a gőznek a töltetbe történő közvetlen befűvése perforált csővön vagy csőrendszeren keresztül. Miután azonban a szemcsenagyság a töltetben 0—30 mm \varnothing , az apró szemcsék nemcsak a perforáció eltömődését okozzák még a védőpajzsok ellenére is, hanem a szűk hézagterfogat miatt a befűvott gőz terjedését is jelentősen akadályozzák. A befűvott gőz ezenfelül — hacsak nem alkalmazunk műszeres ellenőrzést — feltétlenül több lesz a kelletténél, és így a töltetben nemcsak túlmelegedést okoz, hanem lecsapódva azt erősen vizezi. A gőzből származó víz a siló aljába fog leszivárogni, ahol a töltet egy részének hézagterfogatát előreláthatólag teljesen kitölti, és így már magában a silóban is, de főképpen a silóból történő továbbszállításnál erősen fokozza az összefagyás veszélyét. A tapasztalat azt mutatja, hogy kőbányaüzemeknél *nemcsak a silóban mutatkozik összefagyás, hanem igen gyakran hosszabb szállítási utaknál a csilléekben is*. Az ilyen mesterségesen vizezett törmelék erős fagy esetén a csillébe befagy és súlyos üzemzavart okoz. Így hiába oldódna meg a fagyásgátlás a silóban, mert a csillék ürítése válna lehetetlenné.

b) A közvetett fűtés alkalmazása a töltetben elhelyezett csőrendszerrel jóformán megoldhatatlan. A közvetett fűtésnél ugyanis aránylag nagy csőfelületet adódik, és a beszerelt csőkigyót az állandó haladásban lévő töltet órákon belül tönkretenné. A vasbeton silófalban elhelyezett fűtőcsőkigyónak két súlyos hátránya van. Elsősorban az alkalmazható hőfok a vasbeton hőérzékenysége miatt alacsony, tehát igen nagy csőfelületre van szükség, másodsorban a csőkigyó szükségképpen közel áll a környezethez, és így hőleadása a környezet felé jóval nagyobb, mint a töltet kb. 4 m távolságra eső központi része felé.

Mindkét esetben, tekintettel a szakaszos hőigényre, a felfűtés miatt már a fagyveszélyt megelőzően 6—10 órával meg kellene kezdeni a fűtést. Ez olyan meteorológiai előrelátást igényel, amit az üzemvezetőségtől nem lehet megkövetelni.

A fagyásgátlás fűtéssel történő megoldása annyi hátrányt jelent, hogy különös tekintettel az aránylag kisszámú fagyveszélyes napra, mint megoldás, nem kerülhet szóba.

Hőlég- vagy közvetlen füstgázfűtésre részleteiben nem térek ki, mert közvetlen fűtés esetén

Ebből 3000 kcal/kg fűtőértékű szenet feltételezve, és így 3-as elgőzösítést felvéve, a szénszükséglet :

óránként $118 : 3 = 0,39 \text{ q/h}$
 m^3 -enként $3,41 : 3 = 1,14 \text{ kg/m}^3$

a tölteten átvezetendő nagy levegő- vagy füstgázmennyiség mozgatásához aránytalanul nagy energia, azaz ventilátor lenne szükséges, közvetett fűtés esetén pedig olyan csőfelületek adódnak, amelyek beépítése akár a töltetbe, akár a falba lehetetlen.

II. Megoldás mint javaslat

Javasoljuk, hogy a fagyveszélyes időben a silóba kerülő mészkőtörmelék az alább számított mennyiségű *ipari kősóval* keverjék, és ezáltal gátolják meg az aránylag alacsony hőfok ellenére az összefagyást. A kősó a szegletvíz olvadáspontját kellő mennyiségben adagolva —15° alá szállítja le.

Az 1942. évi kiadású Hütte I. kötet 540. oldalán található táblázat szerint a 20%-os konyhasó-oldat fagypontja —17,8° C. A 20%-os oldat eléréséhez minden kg vízhez 0,25 kg kősót kell adagolni. Miután a siló $800 \cdot 9 = 7\,200 \text{ kg}$ szegletvizet tartalmaz, a teljes töltet kősó-igénye :

$$7200 \text{ kg} \cdot 0,25 = 1800 \text{ kg.}$$

Az ebből számítható fajlagos adatok :

$$1800 \text{ kg kősó} : 800 \text{ m}^3 = 2,25 \text{ kg kősó/m}^3$$

$$1800 \text{ kg kősó} : 24^h = 75 \text{ kg kősó/h}$$

Miután a kősó hatására az esetleg fagyott állapotban lévő szegletvíz megolvad, olvadáshőjét a környezet hőtartalmából fogja elvonni.

Vizsgáljuk meg, vajjon nem süllyed-e ezáltal az egész rendszer hőfoka a 20%-os sóoldat fagypontja alá. Abból indulunk ki, hogy a töltet —15°-os.

Az 1 m^3 -ben jelenlévő 9 kg szegletvíz olvadáshője :

$$9 \text{ kg} \cdot 80 \text{ kcal} = 720 \text{ kcal/m}^3.$$

Miután a pályázat feltételeinek értelmében a pórúsvíz mennyiségét 8%-ban kell felvennünk, ki kell számítanunk a nedves mészkő fajhőjét.

$$1700 \text{ kg} \cdot 0,92 \cdot 0,22 = 344$$

$$1700 \text{ kg} \cdot 0,08 \cdot 1,00 = 147$$

$$491$$

$$491 : 1700 = 0,29 \text{ kcal/kg}^\circ \text{C}$$

Ebből számítható 1 m^3 törmelék hőfokcsökkenése :

$$\Delta t = \frac{720 \text{ kcal}}{0,29 \cdot 1700 \text{ kg}} = 1,46^\circ \text{C.}$$

Ha tehát a töltet hőfoka —15° C, akkor a hőelvonás következtében max. —16,5°-ra hűlhet le. A feltételezett szegletvíztartalom mellett tehát

az olvadáshő csak annyira hűti le a töltetet, hogy annak hőfoka $1,3^{\circ}\text{C}$ -kal marad a keletkezett sóoldat fagypontja mögött.

— 15° -os töltet esetén a módszer hozzávetőleg 15 kg/m^3 szegletvíztartalomig marad használható. Ha azonban a töltet csak $2\text{—}3^{\circ}$ -kal van az előírt minimális hőfok fölött, a módszer jóformán korlátlan víztartalomig használható, természetesen az alkalmazandó sómennyiség megfelelő növelése mellett.

Véleményem szerint az adott célra ez az egyetlen megfelelő megoldás, éspedig a következő okok miatt:

a) Semmiféle beruházásra nincsen szükség. A hőszigetelés felesleges.

b) A fagymentesített törmelék sótartalma a siló ürítése után is megmarad, és ez kizárja a csillébe való befagyást is.

c) Az alkalmazandó kősó mennyiség oly csekély, hogy a silóba bejuttatásnál semmiféle gépesítés nem szükséges, mert percenként $1,25\text{ kg}$ só beszórásáról van szó. Ez annyit jelent, hogy kézi kiszolgálásnál a silót tápláló surrantóba 3 percenként kell egy lapátnyi kősót, lehetőleg egyenletesen beszórni.

d) A mészke kősótartalma $0,13\%$, tehát még szennyezésnek sem tekinthető.

e) Minden silónál bármikor alkalmazható, bármily kicsiny az átlagos szemcsenagyság, csak az ily módon nagyobb mennyiségű szegletvíz felolvasztásához megfelelően több kősót kell adagolni.

Gazdasági számítás

A kősó ára papírzsákba csomagolva a feladó-állomástól kb. 100 km távolságba 70,—Ft/q . A fagymentesítés költsége ebből:

óránként: $0,75\text{ q} \cdot 70\text{,—Ft} = 51,50\text{ Ft/óra}$
 $\text{m}^3\text{-enként: } 2,25\text{ kg} \cdot 0,70\text{ Ft} = 1,57\text{ Ft/m}^3$

Fagyveszélyes időben fenti anyagköltséget legfeljebb még egy munkavállaló bére terheli; az óránkénti költség ennek megfelelően kerekén 57,—Ft

A zsákolt kősó felszállításához a siló podesztjéhez külön berendezés nem szükséges, mert a vibrációs sziták mozgatását szolgáló csigás emelőművek (azok gyakori javítása esetén) egy kosár alkalmazásával a célra teljesen megfelelnek.

*

Cikkíró megjegyzése

Pályázó által közölt megoldás figyelemreméltó több szempontból. Beruházást nem igényel, a sózott anyag nemcsak a silóban van mentesítve összefagyástól, hanem a további szállítás és újbóli tárolás alkalmával is. Különösen kötélpálya-szállítás esetén bír jelentőséggel, amikor a pályát nem szükséges az az utolsó műszak végén leüríteni, vagy a kötélpálya meghibásodásából eredő üzemszünet alatt a csillék tartalma nincs kitéve az összefagyás veszélyének. A sózott anyag a felhasználó üzem tárolójában is minden további kezelés nélkül fagyálló maradhat.

Természetesen fentieknek előfeltétele, hogy a kiszámított só mennyisége megfelel-e a gyakorlatban, amelyet ismét csak kísérlettel látok igazolhatónak, ill. ellenőrizhetőnek.

Pályázó nem fogadta el a kiírásban kiinduló adatként megjelölt 8% nedvességtartalmat, hanem alapos megfontolások után állapítja meg azt a vízmennyiséget, amely az anyagot fagyás alkalmával „összeragasztja“, és csak erre a veszélyes vízmennyiségre számítja a sószükségletet. Az általa közölt sómennyiség vegyi szempontból nem tekinthető, különösen cementgyári vonalon, káros tisztátalanságúnak.

(Folytatjuk)

KISS KÁROLY—PUKÁNSZKY BÉLA:

Portalanítás kérdése a cementiparban

50 lap, 12,—Ft .

A könyv ismerteti a porkérdés jelentőségét, a gazdasági, egészségügyi szempontokat. Foglalkozik a porvizsgálati módszerekkel, majd részletesen leírja a porel-szívó berendezéseket, működési elvüket és az üzemeltetési módokat.

A továbbiakban a különböző portalanítási módszereket tárgyalva, sorra veszi a kemencék, a szárítódobok, az aprítógépek és szárítóberendezések portalanításának kérdéseit, végül a portalanító berendezések karbantartását és a biztonságtechnikai követelményeket ismerteti.

A könyv 27 ábrát és 13 táblázatot tartalmaz.

Kérdés — felelet

KÉRDÉSEK

40. sz. kérdés:

Gőzkazánjaink rostélyberendezése nagy fűtőértékű szenek használatára készült. Hogyan lehetne egyszerűen a kazánokat átalakítani úgy, hogy a kis fűtőértékű szenek is jó hatásokkal felhasználhatók legyenek.

41. sz. kérdés:

Mennyi hőenergia nyerhető vissza a téglalegető körkemencékből szárítás, vagy előmelegítés céljaira a Duvanov-féle gyorségetés mellett.

FELELET

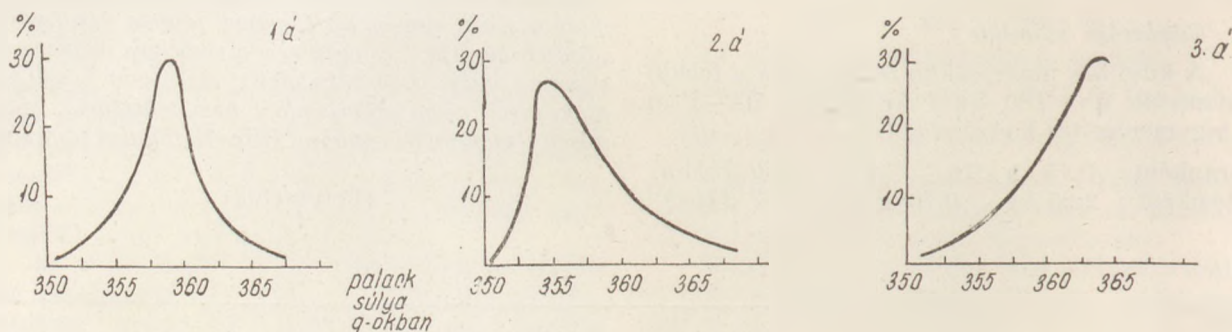
37. sz. kérdés:

Hogyan történjék fehér és színes öblösüvegtermékek minőségének gyártása közben történő ellenőrzése. Különösen a falvastagság-ingadozások és deformáció ellenőrzési módszerének helyes kialakítására volna szükség.

FELELET

Fehér és színes öblösüvegtermékek feszültségi állapotának mérésére a közismert polarizációs berendezések szolgálnak.

Gyártás közben előforduló deformációs hibákat általában csak akkor észlelik, amikor azok szemmel láthatóak. A kisméretű deformációs hibák idommérővel



történő vizsgálata azonban értékes felvilágosításokat nyújthat gyártás közbeni ellenőrzésnél is.

Az idommérők a termékek külső idomainak mérettűrésének mérésére szolgálnak. Konzervüvegek idommérőinek részletes leírása megtalálható I. Sz. Kagan: Konzervüvegek tárolása, minősítése és kezelése. (Élelmiszeripari Könyv- és Lapkiadó, 1952.) c. könyvben. Palackféleségek és sajtolt termékek gyártásközi ellenőrzésére is alkalmazhatók megfelelően szerkesztett idommérők.

A falvastagságok és falvastagságok ingadozásának gyártás közbeni ellenőrzése sorozatmérések útján kizárólag közvetett formában oldható meg. Ha a gyártott termék külméretei a megengedett méretingadozásokon belül állandóknak tekinthetők, a gyártmány összsúlyának változása az átlagos falvastagság vál-

tozásával egyértelműleg és egyenesen arányos. A gyártmány összsúlyának sorozatos meghatározása tehát értékes felvilágosítást nyújthat a falvastagság változására vonatkozólag.

A gyártásközi ellenőrzéskor célszerűen matematikai statisztikai módszerekkel megállapítható a gyártási technológia sajátosságából adódó szórás. (Pl. palackok gyártásánál a palackok magasságának, külső szájnnyílásátmérőjének, fenékátmérőjének, súlyának természetes szórása.) Hibátlanul, vagy közel hibátlanul működő gyártó műhely esetén a mért adatok normális Gauss-féle megoszlási görbe formájában ábrázolhatók, melyből a szórás kiszámítható, vagy grafikusán leolvasható.

Valamely termék gyártásközi ellenőrzésének megszervezésekor ajánlatos tehát elsősorban kb. 800—1000 gyártmányra vonatkozó általános megoszlási görbét felvenni. Erre a célra megfelelő érzékenységű, célszerűen légfékes taramérleg szükséges. Palackok súlyának sorozatmérésénél pl. normális gyártás esetén az 1. sz. görbéhez hasonló, tehát szimmetrikus görbe nyerhető. Ha a görbe nem szimmetrikus, ez már valamilyen gyártástechnológiai hibát jelez. A görbe aszimmetriája általában két típusú: a) a görbe mindkét szára megvan, de egymáshoz képest aszimmetrikusak (2. á.). Palackgyártás esetén az ilyen típusú görbe arra mutat, hogy a gyártás bizonyos időszakában valamely külső tényező a palackok súlyának megváltozását vonta maga után.

b) A görbe egyik szára hiányzik (3. á.). Palack-

gyártás esetén ez annyit jelent, hogy a hiányzó görberésznek megfelelő súlyú palackok eltörtek. Ilyen típusú görbe jelzi rendszerint a túl vékony, vagy túl vastag fal és aránytalan falelosztás előfordulását.

A folyamatos gyártásközi ellenőrzéskor már nem szükséges nagyszámú minták mérése. A rendelkezésre álló alapgörbékkel történő összehasonlítás már 40—80 db/műszak mérésnél is jó tájékoztatással szolgálhat például a falvastagságok alakulására vonatkozólag.

Többféle jellemző sorozatmérési megoszlási görbének összehasonlítása ugyancsak tájékoztatást nyújt az üzemszavarok vagy nagyobb mértékű selejtesedés okára vonatkozólag. (Pl. a szájnnyílások vagy fenékátmérők szórásának görbéjét a súly-görbével összehasonlítva megállapítható, hogy a rendellenességek milyen mértékben esnek össze vagy követik egymást.)

WILHELM ANSELM:

AKNAKEMENCE

83 lap, 42 ábra, 30.— Ft

A német szerző értékes tanulmányának vezérfonalául az aknakemencék teljesítményét befolyásoló főbb tényezők közül a termelésre, a munkaigényességre, a hőszükségletre és a minőségre ható tényezők tárgyalását választotta. Ennek megfelelően elemzi az aknakemencék szerkezetét, méreteit és elrendezését, ismerteti és értékeli a tüzelőanyagokat, különös tekintettel azok szemcsenagyságára és a granáliák nagyságára, tárgyalja a tüzelőanyag és a nyersanyag kölcsönös fizikai reakcióképességét, a légáramnak az égést lényegesen befolyásoló jellemzőit, valamint a tüzelőanyag és a nyersliszt vegyi kölcsönhatását.

Külön fejezetekben foglalkozik a hő- és az energiafelhasználással, az anyag- és hőmérleggel, a munkabérrel és az új létesítmények költségeivel.

Igen figyelemreméltó az aknakemencék korszerű üzemeltetését elősegítő átépítésük tárgyalása s az ezzel kapcsolatos szempontok fontosság szerinti sorrendjének megállapítása.

